



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE
PRODUÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO COM RESÍDUOS DA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

Fabiele Barbosa

Lajeado, novembro de 2019

ANÁLISE DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE PRODUÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO COM RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do curso de Engenharia Civil da Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES, como parte da exigência para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof.^a Dr.^a Betina Hansen

Lajeado, novembro de 2019.

ANÁLISE DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE PRODUÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO COM RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A Banca examinadora abaixo aprova a Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, na linha de formação específica em Engenharia Civil, da Universidade do Vale do Taquari – Univates, como parte da exigência para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil:

Prof.^a Dr.^a Betina Hansen – Orientadora
Universidade do Vale do Taquari – Univates

Prof. Mr. Rafael Mascolo
Universidade do Vale do Taquari - Univates

Prof.^a Mr.^a Rafael Rodrigo Eckardt
Universidade do Vale do Taquari - Univates

Lajeado, novembro de 2019.

Fabiele Barbosa

“As pessoas são solitárias porque constroem muros ao invés de pontes”

Pequeno Príncipe

RESUMO

Cada vez mais ouve-se falar de conscientização ambiental e muitos estudos acerca do assunto são constantemente lançados em palestras, livros, revistas e afins. Com a certeza de que os recursos naturais são limitados e que o meio ambiente não consegue aderir a tantos agentes poluentes quanto produzidos pela humanidade, cada vez mais se torna necessário criar mecanismos de redução ou reutilização dos resíduos sólidos gerados. A construção civil faz parte do cenário de geração de resíduos e consumo de matérias primas naturais. Neste sentido, o presente trabalho tem por objetivo analisar a viabilidade de produção de blocos de concreto com resíduos da construção civil (RCC), possibilitando a reutilização destes materiais, além de reduzir os poluentes sólidos. Para isso, primeiramente foram analisados dados da literatura sobre a análise e caracterização do RCC como matéria prima da produção de blocos de concretos. Na sequência foram coletados dados sobre a geração de resíduos sólidos em 6 construtoras de Lajeado/RS para que fosse possível enumerar a quantidade de blocos que podem ser produzidos anualmente utilizando o resíduo na composição. Após quantificados os materiais, foram estimados os valores para recebimento do resíduo, produção dos blocos e implantação da usina com equipamentos e mão de obra, gerando um valor final ao produto a ser vendido na localidade, visando estimar-se o tempo de retorno do investimento da nova usina, tornando viável ou não sua implantação. Sendo feito todo o levantamento de custos de implantação da usina chegou-se ao valor aproximado de investimento inicial de R\$ 1.120.600,00 , estimou-se que o preço de venda do bloco com resíduo poderia ser 20% menor do que o valor de mercado (R\$ 2,32/unidade), gerando uma receita atrativa para o empreendimento de cerca de R\$ 907.138,56/ano com a venda dos blocos produzidos e também foi considerado um valor de R\$ 16,25/ton de recebimento de resíduos gerando uma receita de R\$ 62.712,00/ano, desta forma, todos os custos de implantação e receitas anuais foram analisados por VPL e PayBack, sendo este um investimento atraente com taxa mínima de atratividade de 5%, superior as taxas de mercado à juros de poupança tradicional (70% da taxa Selic, que atualmente é 5%).

Palavras chave: Resíduos da construção civil. Reciclagem. Blocos de concreto. Viabilidade econômica.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Taxas de desperdício de material na construção civil.....	22
Figura 2 - Quantidade de resíduos gerados e porcentagem reaproveitada em países da União Européia.....	23
Figura 3 - Cadeia da geração de resíduos na construção civil	24
Figura 4 - Imagem de pedregulhos sendo rompidos com rompedor hidráulico	28
Figura 5 - Britador primário para britagem	28
Figura 6 - Processo de britagem do material	29
Figura 7 - Correias transportadoras	30
Figura 8 - Pilhas-pulmão	30
Figura 9 – Método de cava	32
Figura 10 - Beneficiamento	33
Figura 11 – Classificação e separação	33
Figura 12 – Tipologia de blocos de concreto.....	34
Figura 13 - Dimensões para os blocos de concreto	35
Figura 14 - Designação por classe, largura dos blocos e espessura mínima da parede do bloco	36
Figura 15 - Designação por classe, largura dos blocos e espessura mínima da parede do bloco (continuação)	36
Figura 16 – Diagrama do fluxo de produção dos blocos de concreto.....	38
Figura 17 - Vibro prensa semiautomática para moldagem de blocos.....	39
Figura 18 - Ficha de identificação e caracterização de resíduos.....	45
Figura 19 – Traços ensaiados por Fonseca (2002)	49
Figura 20 – Ensaio de compressão dos blocos com resíduo da construção civil	50
Figura 21 – Composição dos RCC de Lajeado/RS.....	52
Figura 22 – Triturador de resíduos com capacidade de 30 ton/dia.....	58

Figura 23 – Gráfico VPL x TMA	62
Figura 24 – Gráfico PayBack x TMA	63

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação dos resíduos conforme o Conama	20
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Consumo de material para produção do bloco com resíduo da construção civil ...	51
Tabela 2 – Volume de resíduos gerados nas construtoras entrevistadas no período de 1 ano .	52
Tabela 3 - Custo médio de destinação dos resíduos	54
Tabela 4 – Custo de destinação de resíduos na fábrica de produção de blocos.....	55
Tabela 5 – Potencial de produção de blocos com resíduos das 6 construtoras entrevistadas no período de 1 ano	56
Tabela 6 – Custos de implantação de uma usina de produção de blocos com capacidade de 2000 unidades/dia	57
Tabela 7 – Custos e Receitas	59
Tabela 8 – Cálculo de TIR e VPL	60
Tabela 9 – PayBack descontado TMA 5%	61
Tabela 10 – PayBack descontado TMA 10%	61
Tabela 11 – PayBack descontado TMA 15%	62

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivo geral	12
1.2 Objetivos específicos	12
1.3 Justificativa	13
1.4 Limitações da pesquisa	14
1.4.1 A escolha das construtoras	14
1.4.2 A localização do terreno e levantamento de equipamentos.....	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 Resíduos Sólidos da Construção Civil.....	17
2.1.1 Histórico da geração de resíduos	17
2.1.2 Classificação dos resíduos sólidos.....	19
2.1.3 Geração de resíduos sólidos da construção civil (RCC).....	22
2.2 Blocos de Concreto.....	25
2.2.1 Histórico da produção de Blocos de Concreto	25
2.2.2 Matérias-primas para produção de Blocos de Concreto	26
2.2.3 Classificação dos Blocos de Concreto.....	34
2.2.4 Fabricação.....	37
2.3 Blocos de concreto com resíduos da construção civil	40
2.3.1 Dados da literatura.....	40
2.3.2 Agregado reciclado.....	41
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	43
3.1 Definição dos parâmetros de produção dos blocos de concreto	43
3.2 Coleta de dados sobre geração de RCC na cidade de Lajeado/RS	44
3.3 Análise da viabilidade econômica	45

3.3.1 Levantamento de dados em empresa de blocos de concreto	45
3.3.2 Retorno financeiro	46
3.3.2.1 Payback.....	46
3.3.2.2 Taxa Interna de Retorno (TIR) e Valor Presente Liquido (VPL)	47
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
4.1 Definição dos parâmetros para produção dos blocos de concreto com RCC	49
4.1.1 Cálculo do volume de material para fabricação do bloco de concreto com resíduo da construção civil.....	51
4.2 Geração de resíduos na cidade de Lajeado	51
4.2.1 Custo com destinação de resíduos	53
4.3 Análise da viabilidade econômica	55
4.3.1 Levantamento de custos da empresa de blocos de concreto	55
4.3.2 Retorno Financeiro	58
5 CONCLUSÃO.....	64
REFERÊNCIAS	66

1 INTRODUÇÃO

No início da história da humanidade, pouco se sabia sobre os materiais da natureza e sua escassez. Muitos entendiam que a natureza era infinita e para tanto não precisava haver tamanha preocupação com a extração de recursos naturais. Com o passar do tempo, começou-se a avaliar que o ar e as águas já não eram as mesmas, chegando assim a sinais de que esta visão de natureza infinita estava totalmente equivocada (PONTALTI, 2013).

Em um mundo em constante evolução e transformação, torna-se cada vez maior o índice de resíduos sólidos provindos de diversas atividades, sendo elas industriais, químicas, petrolíferas e alimentícias. Com o consumo elevado da população, acaba-se por gerar conflitos e problemáticas a serem enfrentadas quando o assunto se trata da geração e gerenciamento de resíduos (FIORITI, 2004).

A indústria da construção civil é um ramo de atividade cuja geração de resíduos está muito presente, seja no quesito geração ou exploração, uma vez que o cenário no qual empreendimentos modernos acabam por ser inseridos absorve grande volume de recursos naturais e também de energia (BUTTLER, 2007).

Dentro do cenário da construção civil, o número de resíduos gerados é muito grande e de forma extremamente variada, sendo que um conjunto de materiais acabou por receber prévia classificação pela Resolução CONAMA nº 307 de 2002. Dentre os materiais classificados estão os tijolos, madeiras, chapas de compensado, gesso, blocos cerâmicos e de concreto, argamassa, calças de revestimentos cerâmicos dentre outros.

Para que ao longo do tempo fosse possível determinar diretrizes que possibilitassem o controle destes resíduos, foram instaladas responsabilidades para as empresas e também para

o setor público. As empresas são responsáveis diretas pela análise prévia da geração de resíduos e, se possível, a redução/reutilização dos mesmos dentro de seus canteiros de obra. Além disto, estas empresas devem desenvolver previamente projetos que especifiquem o gerenciamento que será dado, sendo eles triagem, transporte, manejo e/ou reciclagem. Já para o setor público, cabe ofertar para as pequenas empresas produtoras de resíduos a possibilidade de correta destinação, caso não sejam capazes de implantação de autogestão (CONAMA, 2002).

A reutilização de materiais provindos do processo construtivo pode gerar grandes vantagens para o setor privado e público, promovendo a redução de prejuízos ambientais para disposição final e também impactos decorrentes da extração de novas matérias-primas do meio ambiente (LUCAS; BENATTI, 2008). Pode-se avaliar que muitas vezes arquitetos e construtores desconsideram o impacto da geração de resíduos para construção de suas habitações, e tendo este fato por base, o presente estudo visa caracterizar o principal agente poluidor, e identificar novos formatos para sua aplicação, como na produção de blocos de concreto utilizando estes resíduos gerados e posteriormente analisar a viabilidade de implantação de uma fábrica para produção destes blocos de concreto.

1.1 Objetivo geral

Esta pesquisa tem como objetivo geral analisar a viabilidade técnica e econômica de implantação de uma usina de produção de blocos de concreto utilizando resíduos da construção civil como agregados.

1.2 Objetivos específicos

- Quantificar os resíduos sólidos da construção civil provindos das construtoras da cidade de Lajeado/RS;
- Dimensionar uma usina de produção de blocos de concreto com resíduos sólidos da construção civil;
- Analisar a viabilidade de implantação da usina com base nos valores levantados, preço estimado de venda do bloco de concreto e tempo de retorno do investimento financeiro.

1.3 Justificativa

A principal justificativa deste trabalho está nas grandes preocupações ambientais e condições futuras para o desenvolvimento da humanidade. É necessário cuidar de “nossa casa” e promover condições sustentáveis para que as gerações futuras não sofram com condições climáticas tão severas e destruição ambiental, visando à diminuição de impactos na natureza com a extração descontrolada de matérias primas.

Apesar de hoje as grandes empresas e construtoras terem o dever ambiental de fornecer aos órgãos competentes o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil (PGRSCC), diversas vezes nos deparamos com planos mal elaborados ou que não se adaptam inteiramente às novas necessidades da sociedade no quesito desenvolvimento e reutilização.

Tendo em vista o alto índice de resíduos ainda dispostos em aterros, sem que haja uma separação e destinação favorável à reutilização, facilitando que agentes poluidores adentrem o solo e agridam o meio ambiente, acredita-se que a análise da viabilidade de implantar formas de reciclagem deste resíduo para geração de blocos de concreto possa validar e incentivar engenheiros e arquitetos a aderirem ao programa de separação de resíduos em seus empreendimentos.

Além disso, atualmente muito se fala sobre soluções sustentáveis para reutilização de matérias primas, estudos acerca da viabilidade técnica são constantemente incorporados em dissertações e monografias, porém, como pouco se sabe se além de tecnicamente é também economicamente viável a implantação destas metodologias de reutilização, o presente trabalho visa apresentar estudos para que seja possível identificar a viabilidade econômica de investimentos nesta área.

Portanto, o presente trabalho traz originalidade e visa incentivar investidores à produção de agregados que facilitem o uso na fabricação de produtos com estes resíduos da construção civil. Espera-se influenciar pequenos produtores de blocos de concreto a aderirem ao sistema, mostrando que, com um bom trabalho em equipe, os geradores podem ganhar e os produtores do subproduto também. Com uma destinação correta até o agente reciclador,

torna-se viável que o governo crie incentivos políticos e financeiros para reciclagem de materiais.

1.4 Delimitações da pesquisa

1.4.1 A escolha das construtoras

O estudo realizado encontrou limitações quanto ao levantamento de dados da geração de resíduos na construção civil. Visto isso, foi necessário estabelecer critérios de aplicação da pesquisa para que o principal foco deste trabalho fosse atingido.

A pesquisa tinha como objetivo inicial o levantamento do volume total de resíduos sólidos gerados pelas construtoras da cidade de Lajeado/RS. Como não existe nenhum órgão publico que correlacione estes dados, tornou-se necessária a aplicação de questionários nas próprias construtoras, onde também se encontrou uma grande dificuldade.

Ao serem aplicados os questionários nas construtoras notou-se que a maioria não tinha interesse em retornar a pesquisa ou ainda, algumas construtoras não obtinham de controle dos dados que eram necessários para a pesquisa. Desta forma, para colocar mais energia e disposição na obtenção de resultados, foram escolhidas as principais construtoras da cidade com base nos empreendimentos lançados nos últimos anos, construtoras estas que tiveram mais de 2.000m² de área construídas e que foram consideradas pelo autor indispensáveis para a pesquisa.

Ao ser aplicado o questionário nas 10 empresas escolhidas, a dificuldade se tornou o retorno das mesmas, visto que algumas terceirizavam o descarte de entulhos por outras empresas e não dispunham de total controle sobre a geração. Das empresas entrevistadas apenas 6 responderam o questionário, limitando a pesquisa aos resultados encontrados no volume de resíduos sólidos destas construtoras, porém, sabe-se que o alcance desta pesquisa poderia ser muito maior caso fosse possível atingir o volume total de sólidos gerados na construção civil da cidade de Lajeado/RS.

1.4.2 A localização do terreno e levantamento de equipamentos

Com a finalidade de obtenção de um terreno para instalação da nova usina de produção de blocos de concreto, foi utilizado como parâmetro de modulação a usina de

produção de blocos de concreto situada na cidade de Estrela/RS (Lidiel Materiais de Construção), com capacidade de produção de 2500 unidades de blocos diariamente.

A usina de produção de blocos de concreto com resíduos da construção civil, base da proposta deste trabalho, deverá contemplar um terreno de aproximadamente 1200 m², ser localizado em área que não interfira nos vizinhos, visto o barulho elevado dos equipamentos e deve ter acesso facilitado para caminhões, visto a movimentação diária de recebimento de resíduo e carregamento de blocos.

Desta forma, apesar de Lajeado/RS não contemplar de uma área industrial específica, é sugerido que a implantação da usina de produção de blocos de concreto com resíduos da construção civil seja localizada nas proximidades da ERS 130, visto o fácil acesso de todas as regiões da cidade.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Resíduos Sólidos da Construção Civil

2.1.1 Histórico da geração de resíduos

A primeira grande aplicação mundial de agregados reciclados provindos da construção civil e demolição (RCC) se deu após a Segunda Guerra Mundial, onde países Europeus tiveram destruídas dezenas de suas construções, tendo assim utilizado os entulhos de edifícios demolidos como base para as novas construções. Estes entulhos foram britados e utilizados como agregados (BUTTLER, 2007).

Após a Segunda Guerra Mundial, no período dos anos 1976 a 1982, surgiu, na Europa, a necessidade de se estudar acerca das problemáticas de demolição e reutilização. Desta forma, foi criado o RILEM (*Réunion Internationale des Laboratoires d'Essais et de Recherches sur les Matériaux et les Construction*). O RILEM teve como objetivo instaurar, dentro de um comitê técnico, premissas acerca do assunto demolição e reutilização do concreto e de seus demais componentes. Após esta época este grupo passou a ser chamado de RILEM 121-DRG (ANGULO, 2000).

Com a chegada do RILEM 121-DGR, em meados dos anos 1985 até aproximadamente 1993, ocorreram três grandes encontros internacionais acerca do assunto e da preocupação com a reciclagem do concreto, sendo assim instaurada a grande preocupação não apenas com reciclagem, mas também com as demolições e o reaproveitamento do concreto e da alvenaria que seriam descartados, mostrando o aumento da necessidade mundial de tratar estes materiais (LEITE, 2007).

No terceiro grande encontro mundial, em 1994, constatou-se que nada existia sobre planejamento, reciclagem e gerenciamento, não havendo razões técnicas que impedissem a reciclagem. O novo objetivo mundial passou a ser reduzir a disposição em aterros e, conseqüentemente, a diminuição de extração de matéria prima natural, destacando a importância de implantação de legislações e regulamentações acerca dos resíduos da construção e demolição, bem como a integração do setor público e privado para destinação e o uso dos agregados como reciclados dentro de pavimentações e subprodutos (ANGULO, 2000).

Deste período em diante, muito se vem estudando para que a viabilidade de utilização dos resíduos da construção civil se torne técnica e economicamente viável, tanto para os geradores de resíduos quanto para empresas que possam utilizar o material como matéria prima da produção de seus produtos (MIRANDA, 2005).

Desta forma, com base em estudos dirigidos por Miranda (2005), pode-se estabelecer um panorama quanto à reciclagem de resíduos em alguns países da Europa, com a finalidade de apresentar a cultura desenvolvida na área de reciclagem dos resíduos da construção como forma de introduzir a sistemática no Brasil. Pode-se observar que, em comparação a países de primeiro mundo, o Brasil ainda trata de forma tímida a geração de resíduos. Apesar de sermos pioneiros na América Latina com a implantação da Resolução CONAMA 307 (2002), ainda estamos em atraso para um futuro promissor na gestão eficiente de RCC.

O primeiro ponto importante a ser captado pelos brasileiros é a fundamentação de um sistema que a Holanda conseguiu caracterizar, apresentando assim uma cadeia produtiva que depende de todos os envolvidos, o gerador, o transportador, os setores públicos e também empresas privadas, levando a Holanda a um índice de 95% de RCC reciclados. Com a obtenção de determinados vínculos entre todos os envolvidos, torna-se viável a implantação de empresas terciárias que reciclem o material, as mesmas entenderão que o investimento em captação de recursos e de tecnologias terão grandes apoios dos demais envolvidos, sendo que as construtoras podem ter benefícios com a destinação em local apropriado (ANGULO, 2000).

Outro exemplo de caracterização de materiais reciclados está na Itália, onde a usina modelo citada por Miranda (2005) é a usina ROSE, construída por Pascale e Carellarano. Esta usina visa o controle de todos os resíduos recebidos, sendo feita a prévia triagem com

identificação dos materiais trazidos pela transportadora e posteriormente a separação dos mesmos para que criem um produto com características homogêneas.

2.1.2 Classificação dos resíduos sólidos

No ambiente das construções civis, a geração de resíduos torna-se inevitável, provindos de diversas atividades em etapas distintas do empreendimento. Para Leite (2007), as construções geram constantemente sobras e desperdícios de materiais, que normalmente são denominados entulhos dentro do setor da construção.

Apesar da crise econômica enfrentada na última década, a construção civil cresceu de forma acentuada, e nos últimos anos apesar de sua evolução mais lenta, muitos empreendimentos ainda são concebidos dentro das cidades. Entende-se que a área da construção civil está diretamente relacionada com o crescimento e desenvolvimento da sociedade, porém, sabe-se que gera grandes impactos ao meio ambiente, provindos das modificações necessárias para construção de novos empreendimentos, utilização de matéria prima natural e também o alto índice de geração de resíduos (PAULA, 2010).

Há alguns anos começou a entender-se que os resíduos gerados impactavam diretamente em custos para a empresa e também poluição para o meio ambiente ao qual o mesmo estava inserido. Desta forma, os resíduos sólidos começaram a ser classificados conforme a Resolução CONAMA n° 307 de 2002 e planos de gerenciamento para disposição final dos mesmos começaram a ser valorizados.

Segundo o Art 3° da Resolução CONAMA n° 307 (2002), são resíduos da construção civil todos os resíduos provindos de construções, reformas, reparos e/ou demolições de obras, bem como materiais resultantes da escavação de terrenos. Neste sentido a resolução classifica as destinações como:

- Gerenciamento de resíduos: é o sistema de gestão dos resíduos que visa reduzir, reutilizar e reciclar os resíduos da construção civil, incluindo apresentar o planejamento de execução, as práticas, treinamentos, recursos e ações;
- Reutilização: é a ação de replicar um determinado resíduo sem que o mesmo tenha sofrido transformação;

- Reciclagem: é o ato de reaproveitar o resíduo tendo o mesmo sido submetido a alguma transformação;
- Beneficiamento: é a ação de submeter o resíduo a algum processo que tenha por base utilizar o produto como matéria prima para geração de um subproduto.

A Resolução CONAMA nº 307 (2002) estabelece diversas diretrizes para que de alguma forma os estados implementem em suas construções, planos de manejo e gerenciamento dos resíduos gerados na construção civil, sendo eles provindos de um plano integrado que deve sempre ser incorporado ao empreendimento no início de sua construção. Ainda, os planos de gerenciamento dos resíduos visam sempre criar metas e diretrizes que possibilitem e estabeleçam objetivos de não geração dos mesmos. Não sendo possível, deve-se partir para o próximo passo de redução, posteriormente a reutilização, reciclagem e destinação final.

Desta forma, os resíduos gerados são classificados, conforme a Resolução Conama nº 307 (2002), como sendo resíduos de Classe A, B, C ou D, conforme segue no Quadro 1.

Quadro 1 – Classificação dos resíduos conforme o Conama

Classificação dos Resíduos conforme CONAMA 307 Art. 3º		
Classes	Indicador	Principais integrantes
A	Reutilizáveis ou recicláveis como agregados	Construção, demolição, reformas, reparos de pavimentação e outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplenagem, componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento), argamassa, concreto, blocos, tubos, meio-fio.
B	Recicláveis para outra destinação	Plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras
C	Resíduos que não possuem tecnologias que viabilizem sua reciclagem/recuperação	Gesso
D	Resíduos perigosos	Tintas, solventes, óleos ou qualquer outro objeto/produto que tenha amianto ou outros produtos nocivos à saúde

Fonte: Adaptado pelo autor com base em Resolução CONAMA nº 307 (2002)

Ainda com relação às normativas vigentes no Brasil, há diversas que podem auxiliar na classificação dos resíduos sólidos, sendo elas apresentadas abaixo, todas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT):

- NBR 10004 (2004) Resíduos Sólidos: esta norma visa classificar os resíduos sólidos quanto aos riscos potenciais ao meio ambiente e também para a saúde pública, para que desta forma sejam gerenciados adequadamente.
- NBR 10005 (2004) Lixiviação de resíduos: tem por objetivo principal fixar requisitos mínimos para a obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos, visando assim que sejam diferenciados os resíduos previamente classificados na NBR 10004 (2004) entre os perigosos (classe I) e não perigosos (classe II).
- NBR 10006 (2004) Solubilização de resíduos: visa fixar os requisitos para obtenção de extrato solubilizados dos resíduos da construção civil. Nesta norma pode-se visar que o principal interesse é a diferenciação dos resíduos previamente classificados na NBR 10004 (2004) entre resíduos não inertes (classe II A) e os inertes (classe II B).
- NBR 10007 (2004) Amostragem de resíduos: esta normativa visa apresentar os requisitos mínimos a serem analisados para amostragem de resíduos sólidos.

Apresentada as características técnicas a serem atribuídas aos resíduos sólidos, muito acerca de classificação ainda deve ser estudado para avaliar o potencial de contaminação destes resíduos, tanto se forem dispostos em aterros como também no caso de serem reciclados. A contaminação acaba variando muito de um lugar a outro e pode ser influenciada por diversos fatores. No Brasil, atualmente, as caçambas de entulho (denominação dada aos resíduos de construção civil), muitas vezes ficam próximas de calçadas, podendo ser contaminadas por restos de alimentos, bem como animais e plantas. Devido a isto, estudos que visam à análise do potencial de contaminação dos resíduos devem ser feitos regularmente, tanto no sentido de proteger o meio ambiente do emprego de contaminantes, como também por outro fator extremamente importante para a reutilização, que é a contaminação do próprio resíduo (LEITTE, 2001).

2.1.3 Geração de resíduos sólidos da construção civil (RCC)

Para que os resíduos da construção civil possam ser classificados e quantificados, muitas vezes cidades acabam por criar metodologias de controle através da implantação de decretos municipais. Na cidade de Lajeado - RS há o Decreto nº 9.025 de 30 de dezembro de 2013, que visa apresentar a aprovação do Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (PMGIRS), que é apresentado em conformidade com o disposto no Artigo 19 da Lei Federal nº 12.305 de 12 de agosto de 2010, que caracteriza todas as condições de análise, controle e apresentação dos responsáveis técnicos e legais pela reutilização, disposição e controle dos resíduos gerados.

Os resíduos gerados da construção civil têm origem em diversas atividades diferentes, sendo elas provindas de todas as etapas da construção, seja na demolição para implantação de um novo empreendimento, bem como concepção e execução. Dentro de todas estas etapas da construção, é possível identificar o desperdício de material. Este desperdício pode ser do tipo incorporado (tipo de desperdício em que se utiliza camadas mais espessas de material sem que haja necessidade) ou desperdício não incorporado (materiais destinados para caçambas), que correspondem a pelo menos 50% do volume total de resíduos gerados. Como pode ser visto na Figura 1, o material com maior incidência de desperdício é o Gesso (LINHARES; FERREIRA; RITTER, 2007).

Figura 1 - Taxas de desperdício de material na construção civil

Materiais	Taxas de Desperdício (%)		
	Média	Mínimo	máximo
Concreto usinado	9	2	23
Aço	11	4	16
Blocos e tijolos	13	3	48
Placas cerâmicas	14	2	50
Revestimento Têxtil	14	14	14
Eletrodutos	15	13	18
Tubos para sistemas prediais	15	8	56
Tintas	17	8	24
Condutores	27	14	35
Gesso	30	-14	120

Fonte: Linhares, Ferreira e Ritter. (2007).

Para Gasques et al. (2014), a indústria da construção civil atualmente é a maior poluidora do planeta e responsável pelo consumo de cerca de 75% da matéria-prima que é produzida no planeta. Na atualidade, pode-se constatar que a produção de cimento é maior do que a produção de alimentos, e que o uso de concretos nas construções só perde para o volume de água utilizado no planeta, chegando a um consumo elevado de cerca de 500 quilos de entulho por habitante anualmente.

Tendo como referência países europeus, a Figura 2 apresenta as quantidades de resíduos da construção e demolição geradas. Pode-se analisar que a geração de resíduos é bem variada de um país para o outro, mas os levantamentos indicam em média cerca de 25% do volume total de resíduo gerado na Europa é reciclado (LEITE, 2007).

Figura 2 - Quantidade de resíduos gerados e porcentagem reaproveitada em países da União Européia

País	RCD gerados [x10 ⁶ ton/ano]	RCD reaproveitado ou reciclado [%]
Alemanha	59	17
Reino Unido	30	45
França	24	15
Itália	20	9
Espanha	13	<5
Holanda	11	90
Bélgica	7	87
Áustria	5	41
Dinamarca	3	81
Portugal	3	<5
Suécia	2	21
Finlândia	1	45

Fonte: Leite (2007).

Assim sendo, apesar dos grandes volumes de agentes poluidores, a construção civil é extremamente importante para o desenvolvimento econômico e populacional. Neste sentido, é importante analisar as medidas que devem ser tomadas para a disposição final dos resíduos. A caracterização da cadeia produtiva no setor da construção civil está apresentada na Figura 3.

Figura 3 - Cadeia da geração de resíduos na construção civil



Fonte: Gasques et. al. (2014)

A cadeia produtiva de materiais que fazem parte dos componentes da construção civil tem impacto significativo na poluição do planeta. Os insumos para este setor vêm sempre consumindo grandes volumes de recursos naturais do planeta, insumos estes que jamais voltarão à sua característica inicial, pois são modificados pelo ser humano para sanar suas necessidades (GASQUES et al., 2014).

Com o avanço constante das pesquisas acerca destes resíduos gerados, a construção civil tem ganhado incentivo nos últimos anos, visto que com o passar do tempo se tornou possível determinar subtilidades para estes resíduos e incorporação dentro do próprio processo, conforme exemplos (PAULA, 2010):

- Utilização de resíduos no enchimento dos blocos vazados cerâmicos e de concreto, para melhoramento térmico e acústico;
- Resíduo leve como agregado para caixão perdido em lajes, para diminuição dos ruídos no caso de edificações de múltiplos pavimentos;
- Mistura de resíduos com cimento para aplicação em forros e divisórias com a finalidade de melhoramento das tensões máximas observadas, além do desempenho térmico e acústico e a diminuição da propagação superficial de chama, devido à presença de fibras na composição;
- Incorporação de resíduos sólidos como agregado graúdo na produção de blocos de concreto;

- Utilização em pavimentos como base ou sub-base, podendo inclusive ser usado como pavimento primário no formato de brita corrida.

Desta forma, a produção de blocos de concreto utilizados em grande escala na construção de habitações sociais, tem em suas características de produto a utilização de agregados que são materiais extraídos diretamente da natureza que jamais voltarão a sua condição inicial.

2.2 Blocos de Concreto

2.2.1 Histórico da produção de Blocos de Concreto

Na década de 50 foi importada para o Brasil a primeira máquina de produção de blocos de concreto para alvenaria estrutural. Pioneiros no surgimento deste tipo de material, os Estados Unidos iniciaram no final do século XIX a produção das primeiras unidades. Em meados dos anos 1900 o governo americano adotou os blocos de concreto como material para construções de hospitais, armazéns e depósitos (MEDEIROS, 1993).

Após a chegada da tecnologia ao Brasil, teve-se a primeira grande fábrica instaurada em São Paulo, no ano de 1966, porém, levou algum tempo até que este tipo de material se consolidasse no país, levando assim a um avanço da produção em 1970 (MEDEIROS, 1993).

Ao final do século XIX, a alvenaria estrutural havia se tornado um dos principais métodos de construção sendo utilizados os blocos para construções de pequeno porte levando em consideração apenas conceitos básicos adquiridos ao longo dos anos. Posteriormente, com a chegada do século XX, houve uma revolução no conceito das construções, novos materiais aderiram ao processo sendo eles o aço e o concreto armado (CAMACHO, 2006).

Para que a alvenaria estrutural voltasse a ser utilizada com maestria como anteriormente, a mesma teve de ser redescoberta, levando à introdução de um grande número de pesquisas para geração de normas e padronizações de produção buscando técnicas alternativas de construção. Atualmente, existe um grande número de normas técnicas que possibilitam a padronização dos produtores e adequação de projetos para que os mesmos sejam utilizados e competitivos no meio construtivo, em custo e qualidade (CAMACHO, 2006).

No Brasil, existem grandes capacidades de desenvolvimento socioeconômico que possibilitam o avanço do uso da tecnologia da alvenaria estrutural. Apesar de pouco se pesquisar acerca do assunto, pode-se notar que além de grandes centros, comunidades menores têm aderido ao uso do material (CAMACHO, 2006).

Atualmente no Brasil é possível identificar um avanço da produção de blocos de concreto, sendo que cada vez mais este tipo de material é encontrado em empreendimentos de habitação social. Porém, apesar do grande volume de produção, são muitos os pequenos empreendedores que fabricam tal material e obtêm padrões rigorosos de controle e qualidade (BUTTLER, 2007).

2.2.2 Matérias-primas para produção de Blocos de Concreto

Para a produção de blocos de concreto simples são aplicadas as condições de materialidade e produção contidas na NBR 6136 (2016), que apresenta as seguintes materialidades:

- a) Cimento: os cimentos a serem utilizados devem ser do tipo Portland e devem obedecer ao disposto na NBR 5732 (2004), NBR 5733 (2004), NBR 5735 (2004), NBR 5736 (2004) e NBR 11578 (2004);
- b) Água: a água a ser utilizada no processo deve estar limpa e sem produtos que possam interferir na hidratação do cimento;
- c) Agregados: devem ser utilizados agregados miúdos e graúdos (areia e brita), os quais deverão atender ao disposto na NBR 7211/2005 O agregado graúdo deve apresentar uma dimensão máxima para que seja possível a obtenção de um concreto homogêneo e compacto, e que possibilite atender as características de textura apropriada conforme a norma vigente. É indicado que esta dimensão nunca ultrapasse a metade da menor espessura da parede do bloco;
- d) Aditivos: os aditivos podem ser incorporados conforme sua necessidade, porém, não podem apresentar características que sejam capazes de deteriorar o concreto ou materiais próximos ao bloco.

Neste sentido, podemos enfatizar os agregados (areia e brita), os quais são um dos materiais mais vistos em construções e que vem sendo extraídos constantemente das nossas

idades, sendo utilizados como matéria prima para a produção de diversas materialidades dentro da construção civil, como concretos e os blocos de concreto já citados.

Como o objetivo principal deste trabalho é analisar a importância e viabilidade de utilização de RCC como agregados graúdos e miúdos na produção de blocos de concreto, na sequência é apresentado o sistema de extração de brita e areia da natureza para utilização como agregados.

Segundo a Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados da Construção Civil (ANEPAC) (2013) a brita ou pedra britada trata-se de um bem mineral que vem a ser constituído de alguns materiais rochosos que estão disponíveis em locais de extração. É caracterizado como sendo um material que, após extração e britagem, pode ser utilizado de forma natural como, por exemplo, em subleitos de pavimentos, mas também pode ser misturado com outros insumos como cimento, areia e etc. para outras finalidades da construção civil.

Ainda segundo a ANEPAC (2013), o processo de extração de brita é feito a céu aberto, conforme segue:

- a) Plano de fogo para desmonte primário: nesta etapa são executadas detonações por explosivos previamente dimensionados e também perfurações;
- b) Desmonte secundário (fogacho): esta etapa apenas é necessária caso na etapa anterior o material não tenha sido extraído em dimensões adequadas para que seja levado à planta de beneficiamento (os fragmentos não podem ser maiores do que 1 m). Esta etapa é executada com o uso de rompedores hidráulicos ou *dropball* como pode ser visto na Figura 4.

Figura 4 - Imagem de pedregulhos sendo rompidos com rompedor hidráulico



Fonte: ANEPAC (2013)

- c) Carregamento: nesta etapa são utilizadas pás-carregadeiras para carregamento dos materiais rochosos dentro de caminhões que levarão os materiais até as usinas de britagem, ou ainda, caso a extração seja feita no mesmo pátio, pode-se levar o material diretamente aos britadores primários, conforme pode ser visto na Figura 5.

Figura 5 - Britador primário para britagem



Fonte: ANEPAC (2013)

- d) Beneficiamento: ainda, segundo a ANEPAC (2013), as operações de beneficiamento consistem em um processo totalmente mecânico, levando assim etapas de britagem primária podendo chegar até a quaternária. A britagem primária consiste na quebra de matacões maiores dentro do britador de mandíbula, que pode ocorrer de forma seca ou úmida. No caso de não ser feita a lavagem do material ele acaba por ser vendido sem classificação, visto que os materiais anteriores ao processo acabam por não serem retirados como, por exemplo, a matéria orgânica. Na Figura 6 pode-se ver o processo de britagem do material.

Figura 6 - Processo de britagem do material



Fonte: ANEPAC (2013)

- e) Pilhas-pulmão: após o processo de fragmentação dos materiais no britador primário, o mesmo é normalmente transportado por um sistema de correias transportadoras, como pode ser visto na Figura 7 (muitas vezes empresas optam pela injeção de água nestas correias para diminuir a incidência de poeira no local). O britador secundário recebe o material armazenado nas pilhas-pulmão (FIGURA 8) e é realizada a segunda etapa, podendo ser em britador de mandíbulas ou do tipo cônico. Já no processo de britagem terciária e quaternária, os britadores são do tipo cônico ou de impacto, para que seja possível diminuir a lamelaridade dos materiais e, conseqüentemente, a produção de materiais finos.

- f) Classificação: as britas são conhecidas por sua classificação de granulometria, a qual é feita com a ajuda de peneiras vibratórias, sendo assim separadas as britas nº 1, nº 2 e também as britas graduadas (que consistem na mistura de todas as granulometrias, inclusive o pó de pedra, normalmente utilizada em pavimentos).
- g) Expedição: a expedição é realizada através de transporte rodoviário em caminhões caçamba, que levam o material até o cliente final.

Figura 7 - Correias transportadoras



Fonte: ANEPAC (2013)

Figura 8 - Pilhas-pulmão



Fonte: ANEPAC (2013)

Como pode ser visto nesta breve explicação quanto à extração de brita da natureza, o processo é extremamente agressor ao meio ambiente, uma vez que estamos retirando material em seu estado natural para posterior utilização em produtos que nunca voltarão à forma física inicial. Sendo assim, com base nestes dados, na sequência é apresentada a classificação dos blocos de concreto com base na normativa vigente.

Ainda segundo a ANEPAC (2013) a areia é caracterizada como o bem mineral que leva em sua constituição principalmente o quartzo de fina granulação, sua obtenção se dá através de depósitos de leitos de rios, planícies aluviais, rochas sedimentares e mantos de alteração de rochas cristalinas (é importante ressaltar que areias de praias e dunas litorâneas não apresentam boas características para utilização na construção civil).

As areias ainda recebem prévia classificação quanto sua granulometria, de acordo com ABNT 7211 (2009), areia é solo constituído prioritariamente por grãos minerais com diâmetros entre 0,05 e 4,8mm. Segundo a ANEPAC (2013), na construção civil os maiores usos para a areia se dão na composição de concretos, argamassas, artefatos de concreto e pré-fabricados, base de pavimentos de concreto, asfalto, pvs entre outros.

A areia é comumente comercializada na forma em que é extraída do meio ambiente, apenas sendo necessário grelhas para separação das granulometrias de frações maiores, como por exemplo cascalho, pelotas e concreções (ANEPAC, 2013). Abaixo seguem algumas formas de extração e beneficiamento, ainda segundo ANEPAC (2013).

- a) Método de cava seca: este processo de extração é normalmente inserido em lavras de depósitos de planície fluvial, a extração é feita através de desmorte hidráulico com o sedimento evoluindo de forma a formar uma cava ou um talude irregular (FIGURA 9). O desmorte hidráulico consiste basicamente na desagregação da areia com jatos de água de alta pressão na base dos taludes da cava, provocando o desmoronamento do sedimento, seguindo posteriormente para o beneficiamento;
- b) Método de cava submersa ou extração em leito de rios: esta forma de extração é feita na base e nas laterais de uma cava preenchida com água, e o processo de extração em leitos de rios consiste basicamente em um sistema de dragagem dos sedimentos que estão presentes no leito explorado, sempre sendo feitas extrações em profundidades medianas. As bombas de sucção se encarregam de

auxiliar as tubulações para transporte da areia que chega ainda em formato de polpas ou silos. Em ambos os processos a areia é succionada por uma draga e encaminhada para a estocagem e classificação;

- c) Beneficiamento: consiste basicamente em lavagem da areia, peneiramento, secagem e classificação (FIGURA 10). A lavagem no caso de extração em leitos de rios não chega a ser considerada uma etapa de beneficiamento, visto que, neste caso, a areia é levada diretamente até as peneiras;
- d) Classificação: é feita através de peneiramento, sendo inicialmente retiradas as frações de materiais mais grossos, como pedriscos e cascalhos, este processo é feito através de grelhas ou peneiras estáticas. Os materiais são separados em caixas (FIGURA 11) conforme sua classificação (grossa, média e fina) e comercializados. O problema da extração e classificação deste material é que, conforme as frações de granulometria vão sendo armazenadas em seus silos de correspondência, sempre acaba por sobrar uma fração, chamada de overflow, que deve ser armazenado em bacias de decantação ou contenção de rejeitos, construídas especificamente para estas finalidades.

Figura 9 – Método de cava



Fonte: ANEPAC (2013)

Figura 10 - Beneficiamento



Fonte: ANEPAC (2013)

Figura 11 – Classificação e separação



Fonte: ANEPAC (2013)

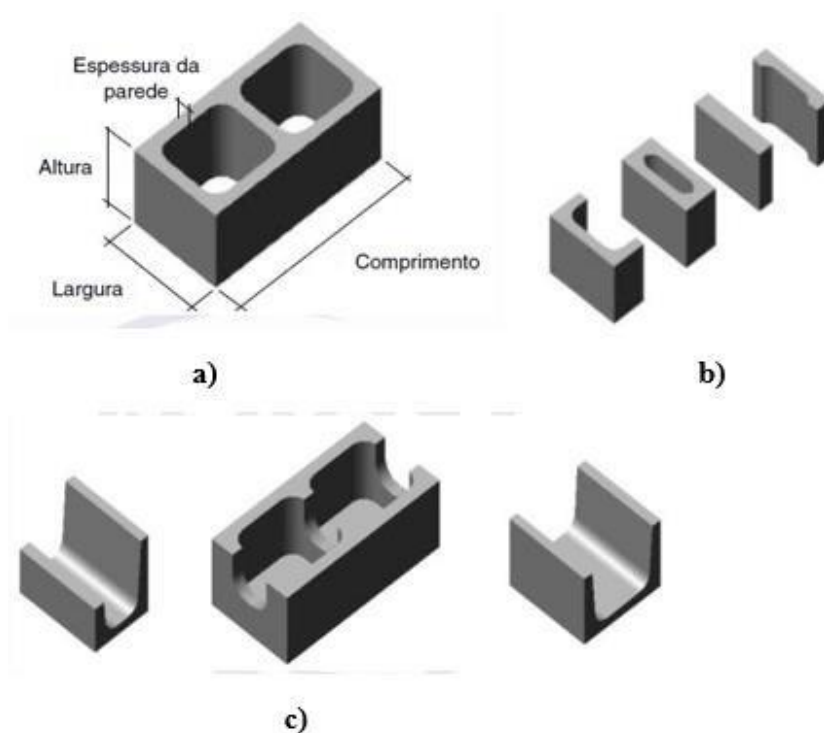
2.2.3 Classificação dos Blocos de Concreto

Para que seja possível a compreensão da produção de blocos de concreto, é importante entender que nem todas as dimensões desejáveis são padronizadas e produzidas. Para isso, segundo a NBR 6136 (ABNT, 2016), os blocos de concreto respeitam famílias, que são um conjunto de componentes que interagem modularmente entre si.

Segundo a NBR 6136 (ABNT, 2016), as famílias dos blocos são formadas por tipologias que, coordenadas entre si, criam a paginação da estrutura sem que quebras de peças precisem ser feitas. Dentre estas tipologias, temos o que segue para cada tipo de família (FIGURA 12):

- a) Bloco vazado de concreto simples: bloco predominantemente utilizado para paginação da alvenaria;
- b) Blocos compensadores: utilizados para ajustes de modulação;
- c) Blocos do tipo canaleta: normalmente utilizados em janelas e “vigas”.

Figura 12 – Tipologia de blocos de concreto



As dimensões utilizadas nos blocos vazados de concreto devem sempre obedecer ao disposto na Figura 13. Já para as espessuras mínimas de parede do bloco, os requisitos a serem seguidos estão na Figura 14 e Figura 15, que indica as dimensões padrão, porém há tolerância de 1,0 mm para cada um dos valores individuais. Todos os blocos que não se encaixarem neste padrão não serão considerados e estarão fora de padronização, segundo a NBR 6136 (ABNT, 2016).

Figura 13 - Dimensões para os blocos de concreto

Família		20 x 40	15 x 40	15 x 30	12,5 x 40	12,5 x 25	12,5 x 37,5	10 x 40	10 x 30	7,5 x 40	
Medida Nominal mm	Largura	190	140		115			90		65	
	Altura	190	190	190	190	190	190	190	190	190	
	Comprimento	Inteiro	390	390	290	390	240	365	390	290	390
		Meio	190	190	140	190	115	-	190	140	190
		2/3	-	-	-	-	-	240	-	190	-
		1/3	-	-	-	-	-	115	-	90	-
		Amarração "L"	-	340	-	-	-	-	-	-	-
		Amarração "T"	-	540	440	-	365	-	-	290	-
		Compensador A	90	90	-	90	-	-	90	-	90
		Compensador B	40	40	-	40	-	-	40	-	40
		Canaleta inteira	390	390	290	390	240	365	390	290	-
		Meia canaleta	190	190	140	190	115	-	190	140	-
	NOTA 1 As tolerâncias permitidas nas dimensões dos blocos indicados nesta Tabela são de $\pm 2,0$ mm para a largura e $\pm 3,0$ mm para a altura e para o comprimento.										
NOTA 2 Os componentes das famílias de blocos de concreto têm sua modulação determinada de acordo com a ABNT NBR 15873.											
NOTA 3 As dimensões da canaleta J devem ser definidas mediante acordo entre fornecedor e comprador, em função do projeto.											

Fonte: NBR 6136 (ABNT, 2016).

Figura 14 - Designação por classe, largura dos blocos e espessura mínima da parede do bloco

Classe	Largura nominal mm	Paredes longitudinais ^a mm	Paredes transversais	
			Paredes ^a mm	Espessura equivalente ^b mm/m
A	190	32	25	188
	140	25	25	188
B	190	32	25	188
	140	25	25	188
C	190	18	18	135
	140	18	18	135

Fonte: NBR 6136 (ABNT, 2016).

Figura 15 - Designação por classe, largura dos blocos e espessura mínima da parede do bloco (continuação)

Classe	Largura nominal mm	Paredes longitudinais ^a mm	Paredes transversais	
			Paredes ^a mm	Espessura equivalente ^b mm/m
C	115	18	18	135
	90	18	18	135
	65	15	15	113
^a Média das medidas das paredes tomadas no ponto mais estreito. ^b Soma das espessuras de todas as paredes transversais aos blocos (em milímetros), dividida pelo comprimento nominal do bloco (em metros).				

Fonte: NBR 6136 (ABNT, 2016).

Além das classificações quanto às famílias e às dimensões dos blocos, os mesmos ainda seguem os parâmetros quanto a sua funcionalidade, para isso, a NBR 6136 (ABNT, 2016) classifica os blocos de A à D conforme segue:

- Classe A: são os blocos de concreto produzidos com função estrutural, para uso em edificações de alvenaria acima e/ou abaixo do nível do solo;

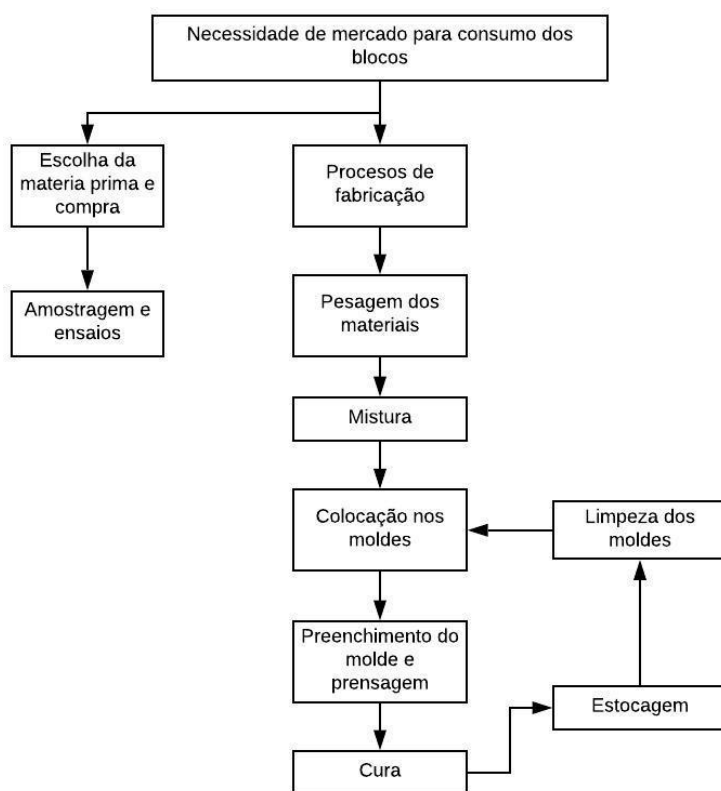
- Classe B: também são blocos com função estrutural como no caso da Classe A porém tem seu uso empregado apenas no nível do solo;
- Classe C: composto das mesmas características da Classe B, porém neste caso as classificações são subdivididas em M10 (indicados para edificações de até um pavimento), M12,5 (indicado para edificações de até dois pavimentos) e os M15 e M20 (utilizado em edificações maiores);
- Classe D: são os blocos de concreto sem função estrutural, podendo ser utilizado apenas acima do nível do solo.

2.2.4 Fabricação

A produção de blocos de concreto industrializada onde o processo em série é aplicado, traz grandes contribuições para a melhoria considerável da diminuição dos custos aplicados ao material e também para a qualidade, onde o processo de controle pode ser mais rigoroso e supervisionado (SALVADOR FILHO, 2007).

Após a definição das dimensões que irão ser produzidas para os blocos, o processo de fabricação consiste basicamente na mistura de todos os componentes (agregados, cimento e água) e posteriormente aplicação nos moldes, sendo que o material deverá ser vibrado e compactado. Em processos industriais, este mecanismo é feito através de equipamentos automáticos. Posteriormente, os blocos são levados para cura onde ficam estocados até que venham a ser utilizados. Um fluxograma deste processo pode ser visto na Figura 16 (SALVADOR FILHO, 2007).

Figura 16 – Diagrama do fluxo de produção dos blocos de concreto



Fonte: Adaptado pelo autor com base em Salvador Filho (2007).

Na sequência, as etapas deste processo são explicadas:

a. Recebimento dos materiais

Após determinado o tipo de material que será necessário utilizar na produção dos blocos, sendo eles os agregados graúdos, miúdos e cimento, o controle de recebimento destes materiais deve ser feito para garantir qualidade do material, bem como aferir sua granulometria, volume e massa específica. É ideal que sempre seja possível ter uma amostra do material utilizado para caracterização do traço em ensaio, para que as condições do novo material recebido atendem ao exigido (SALVADOR FILHO, 2007).

b. Mistura dos agregados

Após a definição do traço que será fabricado, de acordo com as necessidades especificadas pelo projeto do cliente, os materiais começam a ser dosados e encaminhados à mistura. Desta forma, podem ser encaminhados por carrinhos no caso de uma empresa de

pequeno porte, ou ainda por esteiras no caso de empresas mais sofisticadas (ANGULO, 2000).

c. Molde dos blocos

A moldagem dos blocos se dá através da inserção da mistura fluida dos agregados dentro de uma vibro-prensa. No Brasil hoje existem diversos equipamentos diferentes, dependendo da necessidade e disposição de espaço e verba para cada empreendedor, sendo que o mais comum de ser utilizado é a vibro prensa, conforme pode ser visto na Figura 17 (FIORITI; AKASAKI, 2007).

Figura 17 - Vibro prensa semiautomática para moldagem de blocos



Fonte: Fioriti e Akasaki (2007)

O processo de vibração dos materiais dentro dos moldes influi diretamente nas características dos blocos de concreto. A amplitude de vibração do adensamento sempre deve ser pré-estabelecida levando em consideração as características do bloco após a desmoldagem para que se obtenha adequada aparência, total preenchimento e resistência ao manuseio (SALVADOR FILHO, 2007).

d. Cura

O processamento de cura ideal para os blocos de concreto se dá através da cura em ambiente saturado evitando perdas de água do produto durante sua fase de endurecimento. Este tipo de processo deve ser realizado em local limpo, sem incidência direta de sol e ventos e evitando os ciclos de secagem e molhagem dos blocos, mantendo constante o controle de

temperatura e também de umidade do local. Porém, como muitas vezes empresas de maior porte não conseguem espaço para a cura úmida, a cura acelerada pode ser utilizada. A cura acelerada dos blocos de concreto consiste na vaporização, em uma câmara térmica estando em pressão natural da atmosfera, com o ideal de aumentar a temperatura, a qual deve ser definida de acordo com as condições da fábrica e dos blocos (SALVADOR FILHO, 2007).

2.3 Blocos de concreto com resíduos da construção civil

2.3.1 Dados da literatura

Há diversas pesquisas na literatura que apresentam a viabilidade de produção de blocos de concreto utilizando RCC como agregado graúdo. Dentre eles, destaca-se o estudo dirigido por Carneiro (2005), que apresentou a viabilidade de produção de blocos não estruturais de concreto com resíduos provindos da construção civil com a substituição do agregado natural por agregado reciclado em cerca de 60%, seguindo os demais parâmetros da norma técnica para confecção de blocos para alvenaria.

Já na pesquisa conduzida por Paula (2010), identificou-se que a taxa de absorção de água dos blocos produzidos com resíduos da construção civil ficou em 10,52% para blocos produzidos com 25% do agregado natural substituído por agregado reciclado, 12,32% para substituição de 50%, e 15,59% para substituição de 100% do agregado natural por reciclado, sendo que estes valores encontrados enquadram-se nos parâmetros exigidos pela NBR 15116 (ABNT, 2004), a qual determina que a absorção de água deve ser maior ou igual a 9% no caso de blocos estruturais e maior ou igual a 11% para blocos sem função estrutural. Constatou-se ainda que o aumento de resistência à compressão de 7 para 28 dias dos blocos produzidos com 100% de RCC ficou em 27%, enquanto que para agregados naturais a média apresentada é de 30% de aumento do ganho de resistência.

Buttler (2007) constatou que os valores de retração por secagem de blocos produzidos com agregados reciclados foram, em sua maioria, maiores do que os resultados obtidos para blocos de referência (agregado natural), sendo até 45% maiores, o que pode ser explicado pela diferença de módulo de deformação dos agregados reciclados.

A pesquisa feita por Fonseca (2002) analisou o desempenho estrutural de paredes de alvenaria executadas com blocos de concreto que foram moldados com agregados reciclados de rejeitos da construção, sendo feita a análise de diversos traços diferentes para incorporação

do agregado de forma a resultar em um traço cuja relação de cimento e de agregado reciclado seja favorável à construção. Desta forma, Fonseca (2002) constatou que a substituição de 50% dos agregados naturais por reciclados atinge parâmetros de absorção em torno de 8,5% (abaixo do valor limite prescrito na NBR 6136 de 2016), e resistência à compressão superior a 7 MPa, também parâmetro superior ao mínimo de 4 MPa para blocos Classe B (com função estrutural) prescrito na mesma norma.

Mesquita et. al. (2015) avaliou o desempenho de 6 traços diferentes de concreto que utilizassem resíduo da construção civil como agregado para produção de blocos de concreto sem função estrutural. No estudo foi constatado que todos os traços atingiram resistência característica superior a 2,0 MPa e absorção de água inferior a 16% (parâmetros em conformidade com a NBR 6136 de 2016) chegando inclusive a obtenção de dois traços característicos (traço 5 e 6 do estudo em questão) que poderiam ser utilizados com função estrutural (resistência característica mínima de 4 MPa), validando a hipótese de utilização do agregado reciclado na confecção dos blocos de concreto.

Gomes et. al. (2016) estudou a utilização de resíduos provindos do próprio processo de confecção de blocos de concreto para produção de blocos reciclados. Neste estudo o módulo de finura do agregado se restringiu a 12,5 mm de espessura para garantir semelhança ao pó de pedra já utilizado no processo de fabricação de blocos com agregado natural. no caso do bloco com agregado reciclado os valores característicos de compressão médio ficaram acima dos parâmetros da NBR 6136 (2016), atingindo 5,08 MPa, também caracterizando a viabilidade técnica de fabricação de blocos com resíduos provindos do processo construtivo.

Apesar de diversos estudos acerca da incorporação de resíduos da construção civil como agregado para constituição de blocos de concretos com função estrutural ou não, muito se sabe sobre a viabilidade técnica de utilização, visto que os blocos estudados com traços de 25 à 100% de substituição, em decorrência do tipo de resíduo (concretos e argamassas prioritariamente), atingem resistência normativa, porém, pouco se sabe sobre o custo incorporado de trituração do resíduo ao valor final de venda do produto para o cliente (FONSECA, 2002).

2.3.2 Agregado reciclado

Os agregados utilizados na produção de concretos podem ser definidos como um material sólido de construção civil que não pode ser completamente inerte, porém, deve ser

coesivo quando em contato com a pasta de cimento ou argamassa. As propriedades físicas (geometria) e químicas (inclusive presença de matérias orgânicas) dos agregados sempre influenciam diretamente no desempenho mecânico do concreto (FONSECA, 2002).

Como os resíduos da construção civil atualmente dependem da conscientização e colaboração da mão de obra local para ser descartado corretamente, muitas vezes podem acabar se tornando materiais de baixa qualidade devido à contaminação ou mistura com agregados menos nobres que não podem ser utilizados com finalidade estrutural. Desta forma, uma problemática da utilização de agregados reciclados está ligada diretamente à qualidade esperada do produto (SALVADOR FILHO, 2007).

Para a produção de subprodutos que utilizem resíduos da construção civil em sua composição, é de extrema importância a caracterização de como o recebimento dos resíduos será controlado, definição prévia da granulometria desejada, módulo de finura e massa unitária, bem como ensaios prévios da utilização do agregado reciclado na confecção dos novos subprodutos (GOMES et. al. 2015).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo consiste na apresentação dos procedimentos metodológicos a serem utilizados pelo autor para que seja possível atingir o objetivo principal deste trabalho, que visa apresentar a viabilidade de implantação de uma usina de produção de blocos de concreto, visando à reciclagem dos resíduos da construção civil e, conseqüentemente, a redução de impacto ambiental devido ao uso de agregados naturais.

Tendo sido realizada a pesquisa bibliográfica, é possível obter grande conhecimento acerca do assunto geração de resíduos e a importância da reutilização dos mesmos para o meio ambiente, além de entender o processo de fabricação dos blocos de concreto e o impacto ambiental de extração de agregado graúdo (pedrisco) do meio ambiente, tornando assim o resíduo da construção civil grande aliado para o processo de fabricação dos blocos de forma mais natural.

3.1 Definição dos parâmetros de produção dos blocos de concreto

Tendo em vista a grande quantidade de trabalhos já publicados, que comprovam a eficácia da utilização de RCC para produção de blocos de concreto, esta pesquisa não fez análise experimental, mas sim, partiu de um trabalho já publicado para estabelecer um traço padrão, com o qual foi possível seguir as etapas seguintes do trabalho, correspondente à análise de viabilidade técnica e econômica.

O presente trabalho usou especificamente como referência para o uso de agregado reciclado a tese de doutorado desenvolvida por Fonseca (2002), intitulada como “Desempenho estrutural de paredes de alvenaria de blocos de concreto de agregado reciclados

de rejeitos de construção e demolição”. Fonseca (2002) avaliou a substituição de agregado natural pelo reciclado para diferentes traços e também a influência da porcentagem de água ideal para utilização em agregados reciclados, visto que suas características são diferentes dos naturais. Na pesquisa, o autor obteve resultados satisfatórios, sendo que os blocos produzidos com RCC enquadraram-se nos requisitos estabelecidos pela NBR 6136 de 2016. Por este motivo, este trabalho foi utilizado como base para a etapa seguinte desta pesquisa, na qual será necessário estabelecer uma dosagem de materiais ideal, determinando-se a quantidade necessária de agregados para produzir determinado número de blocos de concreto.

3.2 Coleta de dados sobre geração de RCC na cidade de Lajeado/RS

Posteriormente às definições de fabricação e caracterização dos resíduos, foi feito o levantamento de resíduos gerados nas construtoras da cidade de Lajeado/RS. Inicialmente a ideia de pesquisa era levantar o maior volume possível de dados com a entrevista do maior número de empresas, porém como constatou-se a dificuldade de obtenção de dados nas construtoras, a segunda alternativa foi consultar o setor público.

Para isso, iniciou-se junto a Secretaria de Meio Ambiente e Infraestrutura (SEMA) de Lajeado/RS uma análise de dados quanto ao controle de MTRCC (Manifesto de Transporte de Resíduos da Construção Civil), com a finalidade de quantificar e classificar o montante geral de resíduos da cidade, porém também se obteve insucesso visto que atualmente a SEMA não obtém de total controle dos manifestos, não sendo obrigatória a sua coleta nas construtoras. Apesar de já existir um decreto municipal que visa obrigatoriedade de rastreamento dos resíduos (como citado no item 2.2. do presente documento), a SEMA está em tramitação de um novo decreto municipal junto à prefeitura da cidade, com plano de ação para obrigar construtores locais à responsabilidade de controle dos seus resíduos.

Desta forma, para o presente trabalho seguir da forma planejada, foi necessário limitar a pesquisa com base em 10 empresas responsáveis por grandes empreendimentos na cidade de Lajeado/RS, conforme explicado na seção 1.4 deste trabalho. Foi aplicado o questionário nas 10 empresas escolhidas nesta pesquisa, porém, com retorno de apenas 6 construtoras.

Assim, o presente trabalho limita sua pesquisa de viabilidade com base nos dados de geração de resíduo das 6 empresas que retornaram o questionário sobre a geração de resíduo, tipo de resíduo, volume e custo de destinação. O questionário aplicado para obtenção dos dados é apresentado na Figura 18.

Figura 18 - Ficha de identificação e caracterização de resíduos

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS					
Empresa: _____					
Data: / /					
Período de análise: / / à / /					
Tipo de resíduo	Local de descarte	Empresa responsável pelo descarte	Volume total do período (m ³ ou ton - especificar)	Valor aproximado para descarte (m ³ ou ton - especificar)	Classificação (Resolução CONAMA, 307)

Fonte: Do Autor (2019).

Por meio do questionário aplicado nas construtoras escolhidas foi possível a obtenção de dados de 6 empresas, que em sua maioria preferem não ser identificadas porque entendem que a geração de resíduos é um passivo. Apesar de ter sido explicado para as empresas que a geração de resíduos é inerente ao processo de construção civil, e que o passivo só seria compreendido caso a empresa não descartasse corretamente seus resíduos, as mesmas relutaram em ter seus dados divulgados. Desta forma, a pesquisa seguirá identificando as empresas como Empresa A, Empresa B, Empresa C, Empresa D, Empresa E e Empresa F, o que não interferirá diretamente nos resultados da pesquisa.

A ficha aplicada nas empresas levantou dados quanto ao tipo de material descartado pelas empresas, o volume médio anual, o valor para descarte e empresas que atualmente recebem algum destes materiais para destinação final.

3.3 Análise da viabilidade econômica

3.3.1 Levantamento de dados em empresa de blocos de concreto

Com a finalidade de analisar a produção de blocos de concreto e dispor de um maior conhecimento acerca do assunto, foi realizada uma visita técnica guiada na empresa de produção de blocos de concreto Lidiel Artefatos de Cimento, localizada na cidade de Estrela/RS.

Na empresa Lidiel Artefados de Cimento, foram coletados dados quanto à capacidade de produção de blocos diária, mão de obra envolvida na produção, equipamentos necessários e espaço. Após ser feito todo o levantamento destes dados, foi feito o levantamento de custos dos mesmos para que seja incorporado no cálculo do retorno do investimento.

3.3.2 Retorno financeiro

Utilizando de todos os dados encontrados durante a realização da pesquisa, foram criados cenários de projeção para ser possível analisar o retorno financeiro do investimento e viabilizar a implantação da usina na região. Foi feita a análise dos dados com base em duas principais ferramentas utilizadas no mundo dos negócios que auxilia na tomada de decisões, por serem fáceis de entender e aplicar, sendo elas o Payback e a Taxa Interna de Retorno (TIR) (EICK, 2010).

3.3.2.1 Payback descontado

Payback é caracterizado por sua metodologia de análise de prazo máximo para retorno do investimento em um projeto, utilizado comumente como medida de risco (CARLESSO, 2015). Este método consiste principalmente em analisar o tempo que será necessário para que o investimento em determinado negócio cubra os custos iniciais, pois apenas após o valor dos lucros equipararem-se ao inicialmente investido é que poderá se dizer que o empreendimento está de fato tendo retorno (EICK, 2010).

Desta forma, no presente trabalho, foram utilizados os dados encontrados nas etapas anteriores, como custo de implantação da usina com equipamento de trituração, o quantitativo de blocos a serem produzidos mensalmente, o valor de descarte do resíduo que poderá ser incorporado à receita da usina e mão de obra necessária para fabricação da demanda diária sugerida, identificar todos os custos e receitas, e também o lucro mensal do empreendimento, para posteriormente ser possível visualizar em quanto tempo o empreendedor poderá quitar o investimento.

Para cálculo do Payback descontado, basta apenas dividir o valor do último saldo negativo da planilha pela soma do mesmo com o primeiro saldo positivo. O valor será dado em porcentagem de 1 ano, devendo ser somado ao ano do último saldo negativo, gerando um período de X anos e X meses.

3.3.2.2 Taxa Interna de Retorno (TIR) e Valor Presente Líquido (VPL)

A TIR, diferente do Payback, é conhecida como uma técnica mais sofisticada de análise do investimento. Neste modelo de análise, a taxa de desconto que faz o valor presente líquido (VPL) de um investimento é igualada a zero (visto que o valor presente das entradas de caixa é igual ao investimento inicial). A TIR é obtida através do fluxo de caixa projetado para o projeto em questão, não sendo necessário atribuir um valor para a taxa de desconto (EICK, 2010).

É conhecida por representar a rentabilidade interna de um projeto, sendo obtida através do desconto do fluxo de caixa observado nos períodos de análise, de forma a anular o valor inicial investido, gerando a taxa interna de retorno (TIR) que pode ser comparada com a taxa mínima de atratividade (TMA). Os critérios para aprovação do projeto baseiam-se em (BARBIERI et. al. 2007):

- Se a TIR for maior do que a TMA, o VPL será positivo e o projeto pode ser aprovado;
- Se a TIR for menor do que a TMA, o VPL automaticamente será negativo e o projeto não é um bom investimento.

Para Sviech e Mantovan (2013) o requisito básico de qualquer projeto que despenda de um investimento inicial está relacionado com a capacidade de retorno financeiro, e que o mesmo seja superior ao capital inicial envolvido na operação. Desta forma, para que um investimento financeiro seja viável, é necessário que o investidor aplique uma taxa mínima de atratividade (TMA), considerada uma taxa em que o projeto se equivale a uma outra possível rentabilidade com aplicações aplicadas em casos de pouco risco.

Para o cálculo da TIR utiliza-se a Equação 1:

$$VP = \text{capital} + \sum_{j=1}^N \frac{Ft}{(1+i)^j} \quad (1)$$

Para o cálculo do VPL utiliza-se a Equação 2:

$$VPL = \sum_{t=1}^N \frac{Ft}{(1+TMA)^j} - \text{Investimento inicial} \quad (2)$$

Onde:

VP= valor presente (é sempre igual a 0 visto que a TIR calcula a taxa de desconto que deve ter um fluxo de caixa para que o VPL seja igual a 0);

Capital = valor do investimento

N = quantidade de períodos a serem analisados

Ft = entrada de capital em um período t (fluxo de caixa)

I = taxa interna de retorno

J = período de cada fluxo de caixa

TMA = taxa mínima de atratividade

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Definição dos parâmetros para produção dos blocos de concreto com RCC

Após o estudo de diversas pesquisas que caracterizam a produção de blocos de concreto com resíduo da construção civil, foi escolhido, com base em Fonseca (2002), o traço que o autor denominou TMR6, conforme Figura 19, que será utilizado para o cálculo dos volumes de material para moldagem dos blocos de concreto com resíduo da construção civil.

Figura 19 – Traços ensaiados por Fonseca (2002)

série	traço (massa)	F (kN)	f ₀₇ (MPa)	relação entre agregados (%)				adensamento
				< #1,2	#1,2-2,4	#2,4-4,8 R	#4,8-9,5 R	
T1	1 : 3,8 : 3,1 : 0,58	67,6	8,61	0	100	30	70	V
TM1	1 : 3,8 : 3,1 : 0,58	31,6	4,03	0	100	50	50	V
TM2	1 : 3,8 : 3,1 : 0,58	21,7	2,76	0	100	100	0	V
TM3	1 : 5,24 : 3,89 : 0,86	40,9	5,21	0	100	45	55	V
TM4	1 : 5,24 : 3,89 : 0,86	70,6	8,99	0	100	45	55	2C: V
TM5	1 : 5,24 : 3,89 : 0,86	76,5	9,74	0	100	45	55	2C: V + 15G
TM6	1 : 5,24 : 3,89 : 0,97	73,2	9,32	0	100	100	0	4C: V + 30G
TM7	1 : 5,24 : 3,89 : 0,97	74,3	9,45	15	85	45	55	4C: V + 30G
TM8	1 : 4,78 : 4,36 : 0,94	73,4	9,34	15	85	45	55	4C: V + 30G
TM9	1 : 5,34 : 3,77 : 0,94	88,4	11,25	15	85	45	55	2C: 30G
TM10	1 : 2,84 : 2,16 : 0,52	68,9	8,77	15	85	45	55	2C: V + 30G
TM11	1 : 2,84 : 2,16 : 0,70	228,9	29,14	15	85	45	55	V
TM12	1 : 3,98 : 3,02 : 0,72	73,4	9,35	15	85	45	55	2C: V + 30G
TMR1	1 : 5,24 : 3,89 : 1,37	49,3	6,28		100	45	55	4C: V + 30G
TMR2	1 : 5,24 : 3,89 : 1,71	39,4	5,02		100	45	55	4C: 30G
TMR3	1 : 5,24 : 3,89 : 1,71	27,1	3,45		100	45	55	2C: V + 15GC
TMR4	1 : 5,24 : 3,89 : 1,71	24,5	3,11		100	45	55	2C: V + 5GC
TMR5	1 : 5,34 : 3,77 : 1,66	53,9	6,86		100	45	55	V
TMR6	1 : 4,59 : 3,41 : 1,38	70,5	8,98		100	45	55	V
TMR7	1 : 4,02 : 2,98 : 0,98	30,4	3,87		100	45	55	2C: V + 30G

Fonte: Fonseca (2002).

O traço do estudo de Fonseca (2002) (TMR6) foi escolhido devido aos parâmetros encontrados pelo autor em ensaios de resistência à compressão dos blocos estruturais 14x19x39cm, atingindo valor médio de 8,5 MPa aos 28 dias (FIGURA 20) com acréscimo significativo de 21,4% de resistência do ensaio do 7º para o 28º dia. O ensaio de absorção de água apresentou o valor de 8,1%, inferior ao máximo permitido pela NBR 6136 (2016), que é de 10%.

Figura 20 – Ensaio de compressão dos blocos com resíduo da construção civil

Modulação	Idade do ensaio	Resistência Média (MPa)	Acréscimo de resistência (%)
14x19x39	7	7	
14x19x39	28	8,5	21,4

Fonte: Adaptado pelo autor com base em Fonseca (2002, p.102.)

O módulo de deformação do bloco produzido com resíduo da construção civil no estudo de Fonseca (2002) não apresentou coeficiente de variação significativo, ainda podendo-se dizer que o bloco produzido com resíduo da construção civil deformou menos do que o bloco com agregado natural. Segundo o autor, esta maior rigidez do bloco produzido com resíduo da construção civil se dá devido ao maior consumo de cimento para fabricação dos blocos com resíduo (198,30 Kg/m³), enquanto para blocos com agregado natural este consumo não ultrapassa 150 kg/m³. Este maior consumo está inserido no cálculo de viabilidade para chegarmos ao valor final do bloco com resíduo da construção civil.

O traço TMR6 de Fonseca (2002) teve características conforme segue:

- a) Teor de água: 15,33%
- b) Teor de argamassa: 62,11%
- c) Relação cimento/agregado: 1:8,00
- d) Consumo de cimento: 198,30 Kg/m³

4.1.1 Cálculo do volume de material para fabricação do bloco de concreto com resíduo da construção civil

Com base no estudo de Fonseca (2002), foi formulada a Tabela 1 para caracterização dos volumes de material para fabricação de um bloco de concreto, que posteriormente será utilizado no cálculo do valor do bloco e análise do PayBack e TIR.

Tabela 1 – Consumo de material para produção do bloco com resíduo da construção civil

Consumo teórico de material conforme estudo do traço TMR6 de Fonseca (2002)		cimento (kg/m ³)	Água (kg)	Agregado reciclado (kg)
		198,30	273,65	1586,40

Dimensão do bloco	Volume do bloco	cimento (kg)	Água (kg)	Agregado reciclado (kg)
14x19x39	0,01	1,23	1,70	9,87
14x19x19	0,00	0,60	0,83	4,81

Fonte: Do autor (2019).

Conforme Tabela 1, para a produção de 1 bloco de concreto com dimensões 14x19x39 cm são necessários 9,87 Kg de agregado reciclado, o meio bloco também utilizado para a execução de alvenarias para formular a amarração das mesmas (14x19x19 cm) necessita de 4,81 Kg de agregado reciclado, como a proporção quase se iguala, para seguir com a análise foi utilizado apenas os dados do bloco inteiro (14x19x39cm).

4.2 Geração de resíduos na cidade de Lajeado

Sendo aplicados os questionários nas empresas escolhidas, foi possível a obtenção de dados de 6 grandes geradores, que são apresentados na Tabela 2. Os dados obtidos quanto ao volume de resíduos gerados foram todos convertidos para unidade de toneladas (TON), sendo possível a comparação dos resultados.

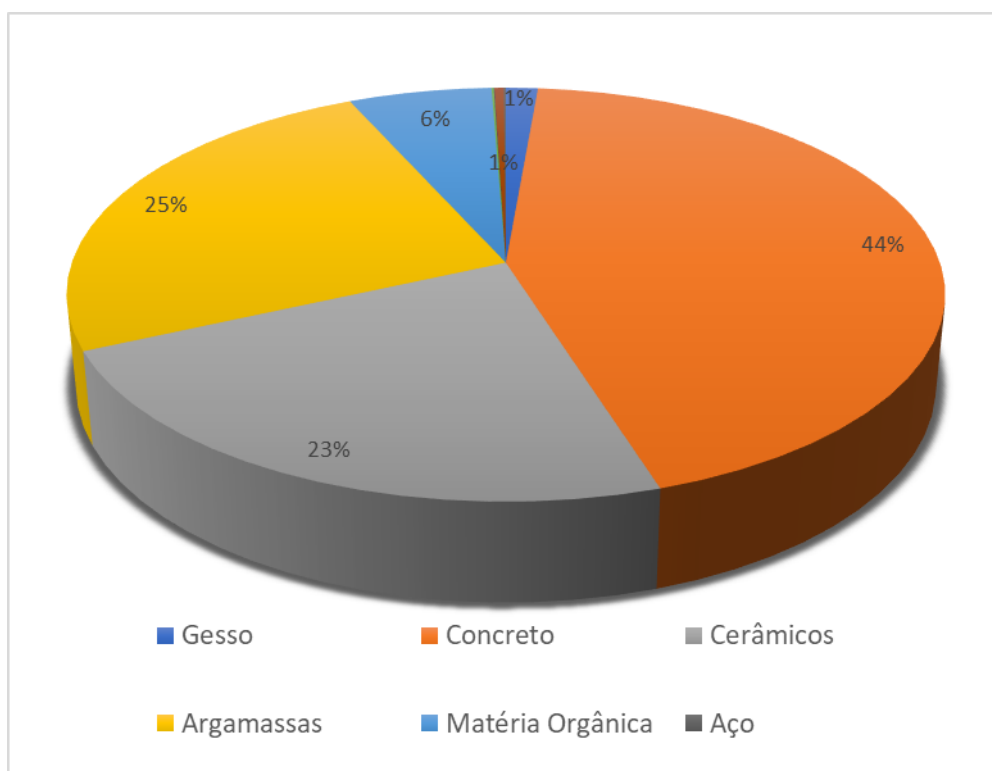
Tabela 2 – Volume de resíduos gerados nas construtoras entrevistadas no período de 1 ano

Tipo de resíduo	Volume (ton) de resíduos gerados no período de 1 ano						Total (ton)	(Kg)	%
	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D	Empresa E	Empresa F			
Gesso	12,6	10,8	8,1	5,76	11,34	8,64	57,24	57240	1
Concreto	305,5	266,5	204,75	331,5	416	312	1836,25	1836250	44
Cerâmicos	113	147	102	207	280	124	973	973000	23
Argamassas	178	214	126	224	144	164	1050	1050000	25
Matéria Orgânica	38	63	25	36	59	36	257	257000	6
Elétrico	0,3	0,6	0,2	1,01	1,23	0,73	4,07	4070	0
Vidros	0,1	0,3	0,1	0,1	0,2	0,1	0,9	900	0
Plástico/papel	4,48	6,3	2,38	0,84	1,26	1,68	16,94	16940	0
Aço	0,624	0,234	0,936	0,6084	0,7488	0,4914	3,6426	3642,6	0

Fonte: Do Autor (2019)

Sendo feita uma breve análise na tabela apresentada, pode-se constatar que os maiores poluentes sólidos da construção civil são o concreto (44%), cerâmicos (23%) e argamassas (25%), conforme pode ser visto no gráfico da Figura 21.

Figura 21 – Composição dos RCC de Lajeado/RS



Fonte: Do Autor (2019).

Os concretos, cerâmicos e argamassas são materiais que comumente são utilizados como matéria prima na fabricação de subprodutos, por terem resistência característica alta, o que provavelmente não é diferente nos resíduos que os mesmos deixam nas construções. Para a utilização destes resíduos na concepção de subprodutos é necessário que se realizem ensaios simples para definição de massa específica do resíduo após triturado, para utilização como agregado reciclado.

Como os demais materiais (elétrico, vidro e plástico/papel) tem quantidades muito baixas de volume gerado e não podem ser utilizados como subprodutos para produção dos blocos de concreto, foram retirados do gráfico da Figura 20, e não serão recebidos na nova usina de produção de blocos, assim como o gesso, aço e matéria orgânica, todos estes materiais já possuem local de descarte adequado conforme pode ser citado alguns exemplos abaixo com base nos dados do questionário aplicado nas 6 empresas entrevistadas:

- a) Aço: pode ser descartado em empresas de Sucatas (Ex: Sucatas Paludo ou Sucadas Wiebbling)
- b) Matéria Orgânica: pode ser descartada em empresa de adubos orgânicos (Ex: Folhito Indústria e Comércio de Adubos Orgânicos Ltda.);
- c) Plástico/papel: o próprio lixão da cidade de Lajeado/RS recebe este tipo de material para destinação à reciclagem;
- d) Gesso: se não poluído com outros materiais, pode ser totalmente reciclado e voltar a ser vendido como gesso (Ex: Fida);
- e) Vidro: pode ser descartado diretamente em empresas que utilizem o material (Ex: Horizontal Esquadrias).

4.2.1 Custo com destinação de resíduos

O descarte de resíduos da construção civil, além de ser um passivo ambiental é também um passivo financeiro para as empresas, uma vez que as mesmas devem dispor de recursos para destinação final correta destes resíduos.

Com a finalidade de captação de parte dos recursos de destinação, foi necessário coletar dados acerca dos custos que estas empresas tem para descartar cada tipo de material,

sendo importante frisar que, todas as empresas entrevistadas informaram que no caso de haver uma caçamba contaminada (com resíduo orgânico) ou materiais misturados (como no caso do gesso com o concreto) o custo para descarte se multiplica por pelo menos três vezes o valor de descarte de caçambas comuns.

Desta forma, na Tabela 3 é possível identificar o valor médio que as construtoras entrevistadas despendem para transporte dos seus resíduos. Com a finalidade de uniformizar os dados, os valores foram também convertidos para unidade de R\$/TON, sendo possível a comparação com o quantitativo geral levantado de resíduos gerados no período.

Tabela 3 - Custo médio de destinação dos resíduos

Tipo de resíduo	Custo (R\$/ton) médio para descarte	
Gesso	R\$	54,00
Concreto	R\$	32,50
Cerâmicos	R\$	32,50
Argamassas	R\$	32,50
Matéria Orgânica	R\$	90,00
Elétrico	R\$	-
Vidros	R\$	-
Plástico/papel	R\$	299,25
Aço	R\$	-

Fonte: Do Autor (2019).

Com a finalidade de captação de recursos para recebimento dos resíduos da construção civil, foi necessária a definição de valores que seriam aplicados na empresa proposta neste trabalho. Para isto, os valores de recebimento de resíduos da construção civil seriam de 50% dos valores médios atualmente dispostos pelas empresas entrevistadas, com a finalidade de tornar atraente a mudança destas empresas para descartarem seus resíduos na fábrica de produção de blocos de concreto ao invés de aterros licenciados. Desta forma, os valores definidos para recebimento dos resíduos seguem na Tabela 4.

Tabela 4 – Custo de destinação de resíduos na fábrica de produção de blocos

Tipo de resíduo	Custo (R\$/ton) médio para descarte		Custo (R\$/ton) médio para descarte na fábrica de produção de blocos	
Gesso	R\$	54,00	R\$	27,00
Concreto	R\$	32,50	R\$	16,25
Cerâmicos	R\$	32,50	R\$	16,25
Argamassas	R\$	32,50	R\$	16,25
Matéria Orgânica	R\$	90,00	R\$	45,00
Elétrico	R\$	-	R\$	-
Vidros	R\$	-	R\$	-
Plástico/papel	R\$	299,25	R\$	149,63
Aço	R\$	-	R\$	-

Fonte: Do Autor (2019)

Desta forma, os resíduos que serão recebidos na nova usina de produção de blocos de concreto com resíduo da construção civil serão o Concreto, Cerâmicos e Argamassas, ambos com o custo incorporado de R\$ 16,25/TON.

4.3 Análise da viabilidade econômica

4.3.1 Levantamento de custos da empresa de blocos de concreto

Sendo realizada a visita guiada na empresa Lidiel, foi possível levantar todos os equipamentos utilizados no processo de fabricação, bem como produção diária (cerca de 2000 blocos/dia) e mão de obra necessária para produção diária (5 funcionários).

Utilizando a classificação e quantificação dos resíduos gerados pelas construtoras entrevistadas, e com base no traço de produção de blocos de concreto do estudo de Fonseca (2002), pode-se obter o volume de blocos a ser produzido com os resíduos levantados. Sabe-se que o potencial de produção é maior do que o alcance deste trabalho, porém, devido às limitações da pesquisa quanto aos agentes geradores (empresas entrevistadas), o volume de blocos produzidos é o que segue na Tabela 5.

Tabela 5 – Potencial de produção de blocos com resíduos das 6 construtoras entrevistadas no período de 1 ano

Dimensão do bloco (cm)	Volume do bloco (m ³)	Agregado reciclado necessário para produção de 1 bloco(kg)	Quantidade de resíduo (concreto + argamassa + cerâmicos) (Kg)	Potencial de produção (unid.)
14x19x39	0,0062244	9,87	3.859.250	391.008

Fonte: Do Autor (2019).

Conforme Tabela 5, o potencial de produção de blocos de concreto com resíduo da construção civil dos geradores entrevistados no período de um ano é de cerca de 391.008 unidades, dividindo pelos 252 dias úteis utilizados comumente em aplicações financeiras, temos o potencial de produção de aproximadamente 155 blocos/dia, abaixo da capacidade de produção da usina projetada com base na empresa Lidiel Artefatos de Cimento, localizada na cidade de Estrela/RS conforme já citado anteriormente neste item.

Levando em consideração a produção diária de 1551 blocos de concreto com resíduos da construção civil, e com base na mão de obra utilizada na Lidiel Artefatos de Cimento, estima-se a necessidade de pelo menos 4 funcionários para ser possível a idealização do projeto. Considerando-se um custo com salário mais encargos de cerca de R\$ 2.000,00/funcionário-mês, é gerado um custo anual de cerca de R\$ 96.000,00 com mão de obra.

No cálculo do custo do empreendimento devem ser considerados também custos com matéria-prima, que no caso do produto proposto é o cimento. Para a produção anual de 391.008 blocos de concreto, estima-se o consumo de pelo menos 1,234 kg/unidade, ao custo médio de R\$ 0,60/Kg, gerando um custo com matéria-prima de cerca de R\$ 289.716,29

Na sequência, para dar seguimento ao estudo de viabilidade econômica da implantação da empresa de produção de blocos de concreto com resíduos da construção civil, foram levantados os custos médios de compra de equipamentos e equipamentos necessários para uma empresa convencional de produção de blocos de concreto, utilizando como referência a empresa Lidiel de Estrela/RS, com capacidade de produção de 2000 blocos/dia, bem como custo com terreno e galpão para instalação da usina, conforme segue na Tabela 6.

Tabela 6 – Custos de implantação de uma usina de produção de blocos com capacidade de 2000 unidades/dia

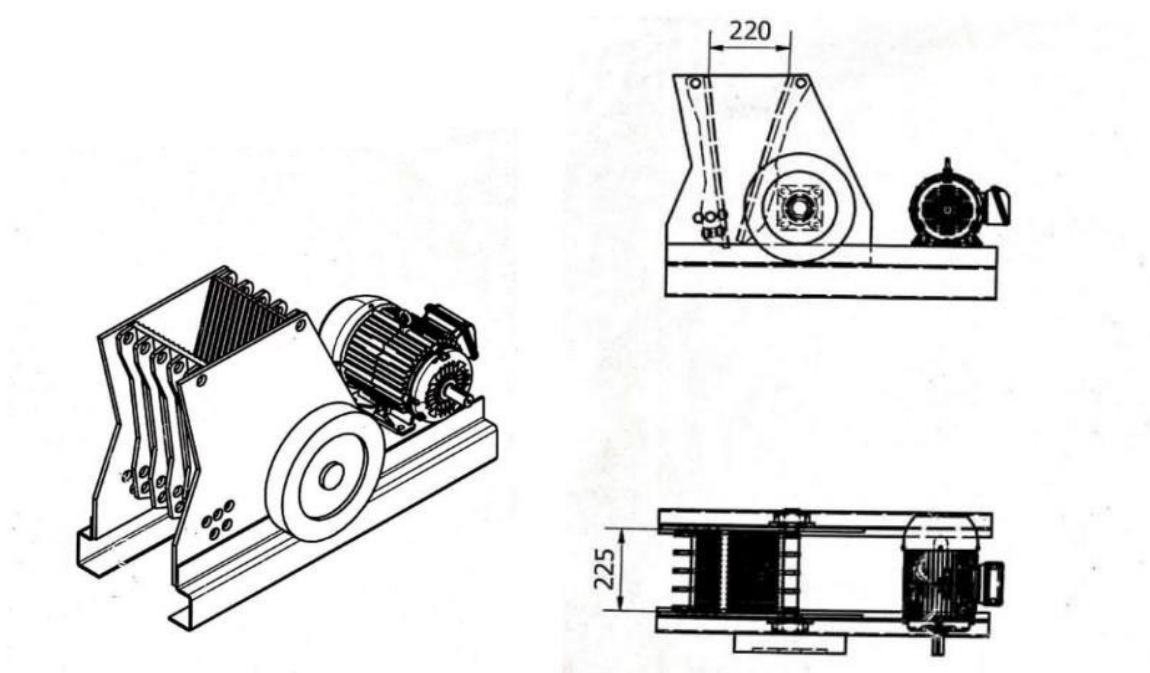
Descrição	Unidade	Qtde.	Valor unitário de referencia		Valor total	
Vibro prensa automática	Und	1	R\$	260.000,00	R\$	260.000,00
Formas para moldagem	Und	2000	R\$	7,50	R\$	15.000,00
Misturador automático	Und	1	R\$	80.000,00	R\$	80.000,00
Silo dosador de materiais (3 baias)	Und	3	R\$	50.000,00	R\$	150.000,00
Silo de cimento	Und	1	R\$	115.000,00	R\$	115.000,00
Esteira transportadora	Und	1	R\$	30.000,00	R\$	30.000,00
Esteira de saída	Und	1	R\$	15.000,00	R\$	15.000,00
Paletizador de blocos	Und	1	R\$	30.000,00	R\$	30.000,00
Empilhadeira	Und	1	R\$	70.000,00	R\$	70.000,00
Compressor	Und	1	R\$	3.000,00	R\$	3.000,00
					R\$	768.000,00

Fonte: Do Autor (2019).

Além disso, foi feito orçamento de um equipamento de trituração de resíduos da construção civil que estima a capacidade de trituração de pelo menos 30 toneladas de resíduo por dia, apesar de o recebimento diário de resíduo das construtoras entrevistadas serem cerca de 8 ton., o equipamento foi formulado de forma a prever um possível aumento de construtoras que destinariam seus resíduos para trituração.

O equipamento de trituração do resíduo é destinado para fragmentação de resíduos de obra como tijolos, blocos de concreto, concreto, argamassas, cerâmicos, blocos de pavimentos e quaisquer similares. Tem bocal de mandíbula com dimensão de 220x220 mm, motor com potência de 3 CV e trituração ajustável de 5 a 50 mm de espessura do agregado final, além de compor sistema de peneira separadora, conforme pode ser visto na Figura 22.

Figura 22 – Triturador de resíduos com capacidade de 30 ton/dia



Fonte: Orçamento da empresa 6S Industria e Comércio de Equipamentos LTDA (2019).

O custo de fabricação deste equipamento de trituração apresentado no orçamento da empresa 6S Industria e Comércio de Equipamentos LTDA, situada na cidade de Estrela/RS, é R\$ 12.600,00.

Além dos custos com equipamentos, mão de obra e matéria prima, foram estimados outros custos do empreendimento, como manutenção (R\$ 1.500,00/mês) luz (R\$ 1.000,00/mês) e água ao valor de R\$ 1,20/m³ (R\$ 0,0012/kg) gerando um custo estimado de R\$ 596,30/ano.

Ainda dentro das despesas foi considerado no terceiro ano de operação um custo com “overall”, destinado a uma revisão geral programada para todos os equipamentos do empreendimento, gerando um custo de pelo menos 30% do valor inicial do equipamento, ao total de R\$ 71.280,00 de despesa.

4.3.2 Retorno Financeiro

Após a realização do levantamento dos quantitativos e custos de implantação da usina, bem como os valores de descarte de resíduo e definição dos valores que poderão ser

incorporados no projeto, é feito o levantamento dos valores a serem incorporados no empreendimento.

Para o recebimento dos resíduos sólidos foi estipulado o valor de R\$ 16,25/ton como taxa de recebimento do resíduo, sendo que os resíduos recebidos (concreto, cerâmicos e argamassas) estimados são de 3859,25 ton, gerando uma receita anual de R\$ 62.712,81.

Como a estimativa de produção de blocos de concreto com resíduos da construção civil como agregado é de 391.008 unidades no período de um ano, foi estipulado um valor de 20% menos do que o mercado para venda do mesmo. Atualmente os blocos de concreto nas dimensões propostas (14x19x39 cm) são vendidos ao valor médio de R\$ 2,90/unidade, desta forma, o valor do bloco com resíduo da construção civil é de R\$ 2,32/unidade, gerando uma receita anual de R\$ 907.138,56.

Desta forma, os custos de implantação, custo de operação e receitas anuais podem ser verificadas de forma resumida na Tabela 7.

Tabela 7 – Custos e Receitas

Custos de implantação	Valor
Valor de investimento inicial	R\$ 1.108.000,00
Equipamento de trituração	R\$ 12.600,00
Total	R\$ 1.120.600,00
Custo de operação	Valor/ano
Custo com mão de obra (MOB)	R\$ 96.000,00
Taxa de Administração	R\$ 120.000,00
Aluguel	R\$ 30.000,00
Custo com matéria prima (MAT)	R\$ 289.716,29
Manutenção	R\$ 18.000,00
Energia Elétrica	R\$ 12.000,00
Água	R\$ 596,30
Total	R\$ 566.312,59
Overall	R\$ 71.280,00
Receitas	Valor/ano
Recebimento de resíduos sólidos	R\$ 62.712,81
Comercialização de blocos de concreto	R\$ 907.138,56
Total	R\$ 969.851,37

Fonte: Do Autor (2019).

Conforme os resultados encontrados acerca dos valores de investimento inicial, bem como despesas e receitas anuais, foram utilizados os dados da Tabela 7 para realização da simulação econômica. Na Tabela 8 é possível identificar uma simulação com dados de taxa de atratividade mínima (TMA) de 5%, 10% e 15%, utilizando o período de 5 anos a contar do ano 0 (concretização do projeto).

Tabela 8 – Cálculo de TIR e VPL

	Caso 1	Caso 2	Caso 3
TMA	5%	10%	15%
Período (anos)	Fluxo de Caixa	Fluxo de Caixa	Fluxo de Caixa
0	-R\$ 1.120.600,00	-R\$ 1.120.600,00	-R\$ 1.120.600,00
1	R\$ 403.538,78	R\$ 403.538,78	R\$ 403.538,78
2	R\$ 403.538,78	R\$ 403.538,78	R\$ 403.538,78
3	R\$ 332.258,78	R\$ 332.258,78	R\$ 332.258,78
4	R\$ 403.538,78	R\$ 403.538,78	R\$ 403.538,78
5	R\$ 403.538,78	R\$ 403.538,78	R\$ 403.538,78
VPL	R\$ 564.937,39	R\$ 355.575,75	R\$ 185.256,82
TIR	22%	22%	22%

Fonte: Do Autor (2019).

Os valores de fluxo de caixa foram obtidos através da subtração de receitas e despesas anuais, não foi considerada uma taxa de aumento da lucratividade anual para que os valores obtidos de VPL e TIR sejam os mais conservadores possíveis, também não foi considerada inflação estimada para os períodos, porém, sabe-se que o alcance de aumento da rentabilidade com o aumento do recebimento de resíduos é uma realidade possível, visto o grande número de empresas que ainda podem ser captadas com o avanço do projeto.

As VPL no caso 1, caso 2 e caso 3 são positivas com valores bem atrativos, considerando que a TIR nos presentes casos ultrapassa o valor da taxa mínima de atratividade. Neste caso, o investimento financeiro na usina de produção de blocos de concreto é viável considerando que a juros simples de poupança a taxa seria em torno de 70% da taxa Selic que atualmente gira em torno de 5%a.a., ou seja, a juros simples de poupança o valor investido renderia cerca de 3,5%a.a.

Após criado o fluxo de caixa do empreendimento, foi feita a análise de payback descontado com as mesmas taxas de atratividades mínimas usadas na Tabela 8. Desta forma, a

Tabela 9, Tabela 10 e Tabela 11 apresentam os payback's descontados para as TMA's de 5, 10 e 15% respectivamente.

Tabela 9 – PayBack descontado TMA 5%

Caso 1			
TMA	5%		
Período (anos)	Fluxo de Caixa	VP do FC	Fluxo de Caixa Acumulado
0	-R\$ 1.120.600,00	-R\$ 1.120.600,00	-R\$ 1.120.600,00
1	R\$ 403.538,78	R\$ 384.322,65	-R\$ 736.277,35
2	R\$ 403.538,78	R\$ 366.021,57	-R\$ 370.255,78
3	R\$ 332.258,78	R\$ 287.017,63	-R\$ 83.238,16
4	R\$ 403.538,78	R\$ 331.992,35	R\$ 248.754,20
5	R\$ 403.538,78	R\$ 316.183,19	R\$ 564.937,39
Payback Descontado	3 anos e 3 meses		

Fonte: Do Autor (2019).

Tabela 10 – PayBack descontado TMA 10%

Caso 2			
TMA	10%		
Período (anos)	Fluxo de Caixa	VP do FC	Fluxo de Caixa Acumulado
		-R\$	
0	-R\$ 1.120.600,00	1.120.600,00	-R\$ 1.120.600,00
1	R\$ 403.538,78	R\$ 366.853,44	-R\$ 753.746,56
2	R\$ 403.538,78	R\$ 333.503,12	-R\$ 420.243,44
3	R\$ 332.258,78	R\$ 249.630,94	-R\$ 170.612,50
4	R\$ 403.538,78	R\$ 275.622,42	R\$ 105.009,92
5	R\$ 403.538,78	R\$ 250.565,83	R\$ 355.575,75
Payback Descontado	3 anos e 8 meses		

Fonte: Do Autor (2019).

Tabela 11 – PayBack descontado TMA 15%

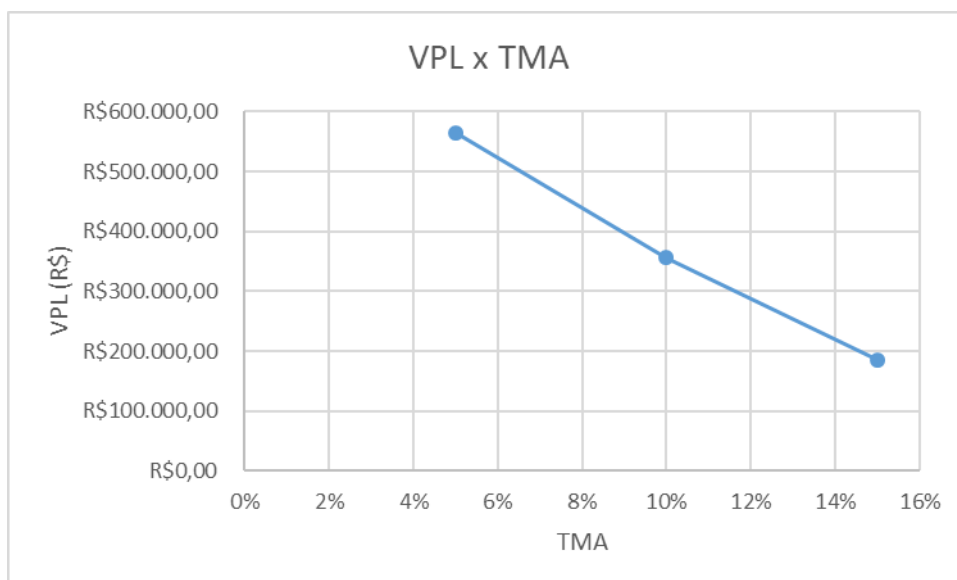
Caso 3			
TMA	15%		
Período (anos)	Fluxo de Caixa	VP do FC	Fluxo de Caixa Acumulado
		-R\$	
0	-R\$ 1.120.600,00	1.120.600,00	-R\$ 1.120.600,00
1	R\$ 403.538,78	R\$ 350.903,29	-R\$ 769.696,71
2	R\$ 403.538,78	R\$ 305.133,29	-R\$ 464.563,42
3	R\$ 332.258,78	R\$ 218.465,54	-R\$ 246.097,88
4	R\$ 403.538,78	R\$ 230.724,61	-R\$ 15.373,27
5	R\$ 403.538,78	R\$ 200.630,09	R\$ 185.256,82
Payback Descontado	4 anos e 1 meses		

Fonte: Do Autor (2019).

Sendo feita uma breve análise das Tabelas 9, 10 e 11 pode-se constatar que o tempo de retorno do investimento gira em torno de 4 anos. No caso 3 temos uma taxa mínima de atratividade (TMA) de 15% com Payback descontado de 4 anos e 1 meses, o que no ponto de vista do autor, é um bom prazo para retorno do investimento.

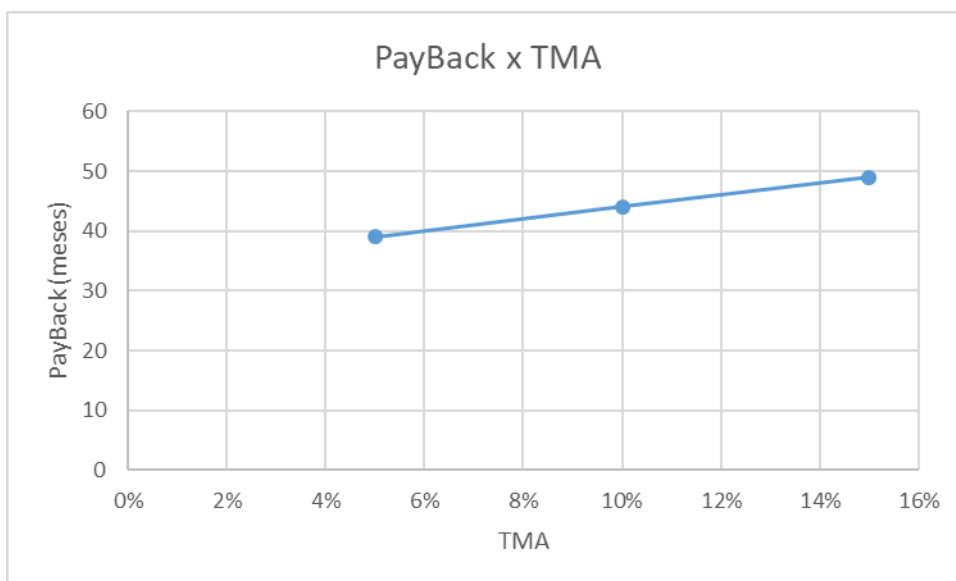
Para facilitar o entendimento, nas Figuras 23 e 24 são apresentados os gráficos de VPL x TMA e PayBack x TMA.

Figura 23 – Gráfico VPL x TMA



Fonte: Do Autor (2019).

Figura 24 – Gráfico PayBack x TMA



Fonte: Do Autor (2019).

Sendo feita uma breve análise dos gráficos é possível identificar que quanto maior a Taxa Mínima de Atratividade menor será o Valor Presente Líquido do investimento e automaticamente maior será o tempo de retorno do investimento para começar a trazer lucros ao invés de apenas dividendos (PayBack). Desta forma, é necessário encontrar dentro do gráfico um tempo de retorno de investimento ideal para quem fará o investimento inicialmente, sendo uma variável que deve levar em consideração as condições do investidor para que se torne atrativo o investimento.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo geral analisar a viabilidade técnica e econômica de implantação de uma usina de produção de blocos de concreto utilizando resíduos da construção civil como agregados, visto as grandes preocupações ambientais e as futuras condições do planeta para um desenvolvimento seguro da humanidade.

Cada vez mais ouve-se falar da necessidade de cuidar do nosso planeta e a grande geração de resíduos é um assunto que deve promover discussões nas universidades e também empresas privadas e setores públicos, uma vez que todos somos responsáveis por entregar um planeta limpo para as gerações futuras.

Visto isso, o presente trabalho foi proposto com a finalidade de mostrar para possíveis investidores da área da construção civil, que a utilização de materiais reciclados não é apenas tecnicamente viável, mas também economicamente.

Os resultados encontrados quanto à geração de resíduos sólidos da construção civil foram limitados às construtoras que responderam à pesquisa, com base nas 10 escolhidas pelo autor, porém, sabe-se que o alcance deste trabalho poderia ser muito maior caso houvesse melhor controle interno das construtoras ou mesmo do setor público responsável.

Dos dados encontrados acerca dos resíduos sólidos, pode-se encontrar valores referentes ao descarte de resíduos de concreto, argamassas e cerâmicos, que segundo a literatura podem ser utilizados como subproduto para fabricação de blocos de concreto. Desta forma, cerca de 92% (concreto (44%), cerâmicos (23%) e argamassas (25%)) do total de

resíduos da construção civil poderiam ser tratados e encaminhados para outra finalidade nobre.

Verificando as análises financeiras realizadas para o empreendimento, pode-se verificar que no pior caso considerado (Caso 3 com TMA 15%) a VPL é positiva o que indica que o investimento financeiro é viável, e também o PayBack descontado é apresentado com prazo de 4 anos e 2 meses para que o projeto seja quitado.

Desta forma, pode-se avaliar que a utilização de resíduos da construção civil como agregados para formulação de subprodutos com finalidades nobres ou não, é uma técnica que deve continuar sendo estudada e que além de tecnicamente é também economicamente viável, visto que os valores investidos neste trabalho seriam rapidamente compensados, além de ser uma solução sustentável, visto que a sociedade carece de soluções tecnológicas para a reutilização dos resíduos. Ainda assim, não deve-se abandonar a ideia de redução e reutilização dos materiais dentro do próprio canteiro de obras, práticas que cada vez tornam-se mais comuns por impactarem diretamente no custo final do empreendimento.

Como sugestões para trabalhos futuros, tem-se:

- a) Desenvolver uma análise dos resíduos sólidos encontrados na construção civil para descartar possíveis contaminações com resíduos orgânicos ou outros que inviabilizem a utilização do material como subproduto.
- b) Realizar um estudo que viabilize a utilização dos demais resíduos da construção civil como subprodutos de outros materiais para que não precisem ser descartados.
- c) Projetar diferentes cenários de análise de viabilidade financeira para implantação do empreendimento, como, por exemplo, o investimento em situação de incerteza, situação de risco e método de distribuição beta;
- d) Identificar a real intenção das construtoras e também possíveis apoios financeiros e morais do setor público em viabilizar a implantação de projetos que visem a reutilização de resíduos;
- e) Desenvolver um estudo de análise técnica e econômica para utilização de resíduos da construção civil como agregado para concretos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.753**. Revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

_____. **NBR 13.755**. Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

_____. **NBR 6136**. Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

_____. **NBR 10004**. Resíduos Sólidos: Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

_____. **NBR 10005**. Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

_____. **NBR 10006**. Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

_____. **NBR 10007**. Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

_____. **NBR 7211**. Agregado para concreto: Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ANGULO, Sergio Cirelli. **Variabilidade de agregados graúdos de resíduos da construção civil e demolição reciclados**. 2000. 155 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia da Construção Civil e Urbana, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-05102005-112833/en.php>>. Acesso em: 10 abr. 2019.

ANGULO, Sérgio Cirelli et al. Resíduos de construção e demolição: avaliação de métodos de quantificação. **Eng. Sanit. Ambient.**, v. 16, n. 3, p. 299-306, jul/set. 2011. Disponível em: <<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:D-hdmxiWhNMJ:www.scielo.br/pdf/esa/v16n3/v16n3a13+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>> Acesso em: 20 mai. 2019.

BARBIERI, José C.; ÁLVARES, Antonio C. T.; MACHLINE, Claude. **Taxa Interna de Retorno: controvérsias e interpretações**. Revista GEPROS, 2007. 131 f. Disponível em: <<http://www.gepros.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/download/184/133>> Acesso em: 14 nov. 2019.

BUTTLER, Alexandre M.. **Uso de agregados reciclados de concreto em blocos de alvenaria estrutural**. 2007. 535 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Estruturas, Universidade de São Carlos, São Carlos, 2007. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-16102007-111106/en.php>>. Acesso em: 10 Não é um mês valido! 2019.

CAMACHO, Jefferson Sidney. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. Ilha Solta - São Paulo: Nepae - Núcleo de Ensino e Pesquisa em Alvenaria Estrutural, 2006. 48 p. Disponível em: <https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:IA_tNwDRhfoJ:scholar.google.com/+alvenaria+estrutural&hl=pt-BR&as_sdt=0,5>. Acesso em: 02 mai. 2019.

CARLESSO, Wagner M. **Análise de viabilidade técnico-econômica na implantação de um centro de reciclagem de resíduos da construção civil no município de Lajeado – RS**. 2015. 73f. Graduação. Engenharia Ambiental. Centro Universitário Univates. Lajeado/RS. Disponível em: <<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:XpB9BOIBvZAJ:https://www.univates.br/bdu/handle/10737/950+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>> Acesso em: 02 jun. 2019.

CARNEIRO, Fabiana P. **Diagnóstico e ações da atual situação dos resíduos de construção e a demolição na cidade do Recife**. 2005. 131f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba. Engenharia Urbana. João Pessoa/PB. Disponível em: <
<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:eoLzi19zxP4J:livros01.livrosgratis.com.br/cp091807.pdf+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>> Acesso: 25 mai. 2019.

FIORITI, C.F.; AKASAKI, J.R.. Fabricação de blocos estruturais de concreto com resíduos de borracha de pneu. **Holos Environment**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 145-156, maio 2004. Disponível em: <
https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:IW5qEW_oIZgJ:https://www.cea-unesp.org.br/holos/article/view/349/0+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 15 mai. 2019.

LEITE, Fabiana C. **Comportamento mecânico de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil em camadas de base e sub-base de pavimentos**. 2007. 185 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Transportes, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-09012008-162141/en.php>>. Acesso em: 04 abr. 2019.

LEITTE, Mônica B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. 2001. 270 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/21839>>. Acesso em: 28 mar. 2019.

LINHARES, Silvia Paixão; FERREIRA, João Alberto; RITTER, Elisabeth. Avaliação da implantação da Resolução n.307/2002 do CONAMA sobre gerenciamento dos resíduos de construção civil. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 3, n. 3, p. 176-194, out/dez. 2007. Disponível em: <
http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:RjdGPdIuSfAJ:www.revistas.unisinos.br/index.php/estudos_tecnologicos/article/view/5801/2975+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br> Acesso em: 20 mai. 2019.

LUCAS, Denis; BENATTI, Cláudia Telles. Utilização de resíduos industriais para a produção de artefatos cimentícios e argilosos empregados na construção civil. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 1, n. 3, p. 405-418, set./dez. 2008. Disponível em <

<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:f4Jbq87ItC0J:https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2016/05/Utiliza%C3%A7%C3%A3o-de-Res%C3%ADduos-Industriais-para-a-Produ%C3%A7%C3%A3o-de-Artefatos-Ciment%C3%ADcios-e-Argilosos-Empregados-na-Constru%C3%A7%C3%A3o-Civil.pdf+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>
Acesso em: 20 mai. 2019.

MEDEIROS, Jonas S. **Alvenaria estrutural não armada de blocos de concreto: produção de componentes e parâmetros de projeto**. 449f. Dissertação (Mestrado). Escola politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 1993. Disponível em: <
https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:l5FfmhFPbW0J:https://www.academia.edu/595777/Alvenaria_estrutural_n%C3%A3o_armada_de_blocos_de_concreto_produ%C3%A7%C3%A3o_de_componentes_e_par%C3%A2metros_de_projeto+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br> Acesso em: 20 de mai. de 2019.

MESQUITA et al. Análise da viabilidade técnica de utilização de resíduos de construção e demolição na fabricação de blocos de vedação. 11f. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 10, n. 3, p. 30-40. 2015. Disponível em
<<https://doaj.org/article/245c9102626b427cb333036df6873cb3>> Acesso em: 11 out. 2019.

MIRANDA, Leonardo F. R. **Contribuição ao desenvolvimento da produção e controle de argamassas de revestimento com areia reciclada lavada de resíduos classe A da construção civil**. 2005. 478 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Construção Civil e Urbana, Escola Politécnica de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em:
<<https://www.researchgate.net/publication/307461608>>. Acesso em: 18 mai. 2019.

PAULA, Paulo R. F. **Utilização dos Resíduos da Construção Civil na produção de blocos de argamassa sem função estrutural**. 2010. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Programa de Pós-graduação, Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2010. Disponível em: <<http://tede2.unicap.br:8080/handle/tede/47>>. Acesso em: 03 mai. 2019.

PINTO, Tarcísio de Paula. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. 219 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999. Disponível em:

<<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:yYwgzKiucH4J:www.casoi.com.br/hjr/pdfs/GestResiduosSolidos.pdf+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>>. Acesso em: 13 mai. 2019.

PONTALTI, Sieli. **Insustentável sustentabilidade**. 2013. 149f. Dissertação (Mestrado). Programa de pós graduação em Direito, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2013. Disponível em: <<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:5-biPFi48E8J:https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/345/Dissertacao%2520Sieli%2520Pontalti.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>> Acesso em: 22 ago. de 2019.

SALVADOR FILHO, José A.A. **Blocos de concreto para alvenaria em construções industrializadas**. 246f. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Paulo. 2007. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde.../2007DO_JoseAmerico> Acesso em: 14 mai. 2019.

SVIECH, Vinícius; MANTOVAN, Edson A. Análise de Investimentos: Controvérsias na utilização da TIR e VPL na comparação de projetos. 28f. Revista Percurso, v. 1, n.13. 2013. Disponível em <<http://revista.unicuritiba.edu.br/index.php/percurso/article/view/657>> Acesso em: 23 out. 2019.